ANEJO 10.- BALSAS DE REGULACIÓN

ANEJO 10.- BALSAS DE REGULACIÓN

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ANEJO 1
2 BALSA INFERIOR SENÉS 1
2.1 CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO 1
2.2 TOMA EN CANAL 1
2.3 TUBERÍA DE LLENADO 2
2.4 OBRA DE ENTRADA 3
2.5 ALIVIADERO 3
2.6 RESGUARDO 4
2.6.1 DETERMINACIÓN DEL NAMO 4
2.6.2 DETERMINACIÓN DEL NAME 4
2.6.3 DETERMINACIÓN DEL RESGUARDO Y COTA DE CORONACIÓN 4
2.7 TOMA DE FONDO 4
2.8 JAULA DE DESBASTE 5
2.9 DESAGÜE DE FONDO 6
2.10 RED DE DRENAJE 6
2.11 CORONACIÓN 6
2.12 CAPACIDAD 7
2.13 CÁLCULO DE LOS ANCLAJES DE LA LÁMINA DE PEAD 7
2.13.1 SITUACIÓN NORMAL 8
2.13.2 SITUACIÓN EXPUESTA 8
2.13.3 PROPUESTA LASTRES. 8
2.14 ESTABILIDAD DE TALUDES 9
2.15 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA INFERIOR DE SENÉS 9
3 BALSA ELEVADA SENÉS 9
3.1 ALIVIADERO 9
3.2 RESGUARDO 10
3.2.1 DETERMINACIÓN DEL NAMO 10
3.2.2 DETERMINACIÓN DEL NAME 10
3.2.3 DETERMINACIÓN DEL RESGUARDO Y COTA DE CORONACIÓN 10
3.3 TOMA DE FONDO 10
3.4 JAULA DE DESBASTE 10
3.5 DESAGÜE DE FONDO 11
3.6 RED DE DRENAJE 12
3.7 CORONACIÓN 12
3.8 CAPACIDAD 12
3.9 CÁLCULO DE LOS ANCLAJES DE LA LÁMINA DE PEAD 13
3.9.1 SITUACIÓN NORMAL 13
3.9.2 SITUACIÓN EXPUESTA 13
3.9.3 PROPUESTA LASTRES. 14
3.10 CLASIFICACIÓN DE LA BALSA 14
3.11 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA ELEVADA DE SENÉS 14
4 BALSA INFERIOR ROBRES 15
4.1 CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO 15
4.2 TOMA EN CANAL 15
4.3 TUBERÍA DE LLENADO 15
4.4 OBRA DE ENTRADA (ALIVIADERO INVERTIDO) 16
4.5 ALIVIADERO 17
4.6 RESGUARDO 17
4.6.1 DETERMINACIÓN DEL NAMO 17
4.6.2 DETERMINACIÓN DEL NAME 18
4.6.3 DETERMINACIÓN DEL RESGUARDO Y COTA DE CORONACIÓN 18
4.7 TOMA DE FONDO 18
4.8 JAULA DE DESBASTE 19
4.9 DESAGÜE DE FONDO 19
4.10 RED DE DRENAJE 20
4.11 CORONACIÓN 20
4.12 CAPACIDAD 20
4.13 CÁLCULO DE LOS ANCLAJES DE LA LÁMINA DE PEAD 21
4.13.1 SITUACIÓN NORMAL 21
4.13.2 SITUACIÓN EXPUESTA 22
4.13.3 PROPUESTA LASTRES. 22
4.14 CLASIFICACIÓN DE LA BALSA 22
4.15 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA INFERIOR DE ROBRES 23
5 BALSA INTERMEDIA ROBRES 23
5.1 ALIVIADERO 23
5.2 RESGUARDO 24

5.2.1 DETERMINACIÓN DEL NAMO 24
5.2.2 DETERMINACIÓN DEL NAME 24
5.2.3 DETERMINACIÓN DEL RESGUARDO Y COTA DE CORONACIÓN 24
5.3 TOMA DE FONDO 24
5.4 JAULA DE DESBASTE 24
5.5 DESAGÜE DE FONDO 25
5.6 RED DE DRENAJE 25
5.7 CORONACIÓN 26
5.8 CAPACIDAD 26
5.9 CÁLCULO DE LOS ANCLAJES DE LA LÁMINA DE PEAD 27
5.9.1 SITUACIÓN NORMAL 27
5.9.2 SITUACIÓN EXPUESTA 27
5.9.3 PROPUESTA LASTRES. 28
5.10 CLASIFICACIÓN DE LA BALSA 28
5.11 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA INTERMEDIA DE ROBRES 28
6 BALSA ELEVADA ROBRES 29
6.1 ALIVIADERO 29
6.2 RESGUARDO 29
6.2.1 DETERMINACIÓN DEL NAMO 29
6.2.2 DETERMINACIÓN DEL NAME 29
6.2.3 DETERMINACIÓN DEL RESGUARDO Y COTA DE CORONACIÓN 29
6.3 TOMA DE FONDO 29
6.4 JAULA DE DESBASTE 30
6.5 DESAGÜE DE FONDO 30
6.6 RED DE DRENAJE 31
6.7 CORONACIÓN 31
6.8 CAPACIDAD 31
6.9 CÁLCULO DE LOS ANCLAJES DE LA LÁMINA DE PEAD 32
6.9.1 SITUACIÓN NORMAL 32
6.9.2 SITUACIÓN EXPUESTA 33
6.9.3 PROPUESTA LASTRES. 33
6.10 CLASIFICACIÓN DE LA BALSA 33
6.11 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA ELEVADA 33

ANEJO 10.- BALSAS DE REGULACIÓN

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ANEJO

En este anejo, una vez conocida la zona regable y el sistema de riego, se pretende dimensionar y justificar los elementos que se deberán ejecutar en la construcción de las balsas de regulación previstas en el Proyecto.

Para cada una de ellas se presenta en primer lugar, los cálculos hidráulicos de los elementos que definen la balsa, como son la tubería de llenado, la toma de fondo, el desagüe de fondo, el aliviadero, así como los drenajes. En el segundo lugar se presentan los cálculos de los geotextiles de la Balsa. En el último apartado se hace referencia a la estabilidad de taludes de la Balsa.

2 BALSA INFERIOR SENÉS

La balsa Inferior de Senés se encuentra situada en el polígono 7 del término municipal de Senés de Alcubierre, como puede verse en los planos 05.01 y 05.02. La balsa inferior recoge las aportaciones del Canal de Monegros y abastece a la balsa elevada mediante bombeo.

2.1 CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

Para la estimación del volumen de almacenamiento de agua de riego se han considerado los siguientes parámetros:

Superficie Total: ..... 1.095,0337 ha

Demanda en el mes de máximas necesidades: .....1.909,04 m^3/ha

Caudal Ficticio continuo en el mes de máximas necesidades: .....0,71 l/s y ha

Horas de llenado desde Canal: ..... 168 h/semana

Horas de bombeo a Balsa Elevada: ..... 123 h/semana

Caudal de entrada (desde Canal): ..... 777 l/s

Caudal de salida bombeo: ..... 1.062 l/s

Con los datos anteriores, se ha calculado las necesidades de regulación de la Balsa Inferior, siendo preciso un volumen de 49.152 m^3 aproximadamente.

Finalmente se proyecta una balsa con una capacidad total de 98.237,12 m^3. Dado que las necesidades máximas para la alternativa propuesta son de 61,34 m^3/ha y día, la capacidad final de la Balsa Inferior asegura una reserva de 1,5 días en caso de corte en la entrada de agua desde el canal. A esta reserva se debe sumar la de la Balsa Elevada, que se define en apartados posteriores.

2.2 TOMA EN CANAL

Para el llenado de la Balsa Inferior de Senés se tiene previsto realizar una nueva captación de aguas en el Canal de Monegros. El punto previsto se sitúa al Noreste de la Balsa Inferior de Senés, tal y como se observa en el plano 04.01

El caudal solicitado será el correspondiente al CFC para la superficie de riego, es decir, 777 l/s. La nueva toma estará compuesta por los siguientes elementos:

- Se proyecta una apertura en el lateral derecho del Canal en la que se dispondrá una compuerta tipo mural con cierre estanco a 4 caras. La compuerta tendrá unas dimensiones de 1,2 x 1,2 m^2. La compuerta estará motorizada y automatizada para asignar la consigna de caudal a entregar.
- Arqueta de desbaste para la instalación de una reja con dimensiones 3,0 m de ancho por 5,0 m de alto, con 50 mm de paso entre barrotes verticales. Sobre la reja anterior se proyecta un limpiarrejas automático compuesto por máquina de dos brazos accionados por sistema oleohidráulico y sistema de expulsión de tipo pala. La arqueta de desbaste tendrá unas dimensiones interiores de 5,00 x 3,00 m^2 y una altura de 4,2 m.
- Tubería de PRFV DN800 que partirá del muro del canal y conectará con la Balsa Inferior de Senés. El primer tramo de esta tubería (bajo el camino de servicio del canal) irá protegida mediante una viga de hormigón armado.
- Sobre la tubería de llenado, se proyecta un caudalímetro de ultrasonidos no invasivo en arqueta accesible. El caudalímetro controlará que el caudal de entrada a la balsa sea el preciso. Las coordenadas (UTM ETRS89, H30) del caudalímetro son:

  UTM HUSO 30 (X = 708.595; Y = 4.641.200)
- Para que el caudalímetro funcione correctamente, la conducción debe trabajar a sección llena, por lo que en la salida de la tubería a la balsa se proyecta un aliviadero invertido de forma que, aunque la balsa esté por debajo del Nivel Máximo (que coincide con la cota de solera del Canal de Monegros), la tubería permanezca llena.
- Por último, se dispondrán elementos de control de nivel aguas arriba (en el canal) y aguas abajo (en la balsa)

2.3 TUBERÍA DE LLENADO

La determinación del caudal de llenado de la balsa Inferior de Senés se ha realizado a partir de las necesidades calculadas en el Anejo 3 "Estudio Agronómico". Dado que la balsa se llena por gravedad desde el Canal de Monegros, se dispone de 24 h al día.

Como se ha indicado anteriormente, el caudal medio de llenado utilizado para el dimensionamiento de esta conducción sería el resultado del producto entre el caudal ficticio continúo adoptado (0,71 l/s y ha) y la superficie total de riego (1.095,03 ha), lo que supondría un caudal de 777 l/s.

Se ha proyectado una conducción que, partiendo de la nueva toma permitirá el transporte del caudal de diseño de dicha toma, hasta la balsa inferior.

La tubería de llenado se proyecta en PRFV con las siguientes características:

Material: .....PRFV

Diámetro nominal: ..... 800 mm

Presión nominal: ..... 10 kg/cm^2

Rigidez SN: ..... 5 KN/m^2

Longitud: ..... 173 m

Formulación

Para verificar la funcionalidad de este elemento, se determinó la pérdida de carga de esta conducción en el caso de que funcionara "en carga", mediante la fórmula de Darcy-Weisbach de expresión:

$$H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g}$$

donde:

- Hf = Pérdida de carga en mca.
- f = Factor de fricción (adimensional).
- L = Longitud del tramo en m.
- D = Diámetro interior de la tubería en m.
- V = Velocidad de la tubería en m/s.
- g = Aceleración de la gravedad 9,8 m/s^2.

El factor de fricción se ha calculado por la fórmula de White Colebrook, de expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{2{,}51}{\mathrm{Re}\sqrt{f}} + \frac{Ka}{3{,}71D}\right)$$

donde:

- Re = Nº de Reynolds.
- Ka = Coeficiente de rugosidad absoluta. Se ha considerado Ka = 0,05 mm para las tuberías de PRFV.

La tubería de llenado vierte en un aliviadero invertido a una cota 0,5 m por debajo de la cota máxima de la balsa. Se calcula la capacidad de transporte de la tubería con balsa vacía o a cota media y con balsa llena. De esta forma, por balance de energía obtenemos los siguientes resultados:

Situación	Cota mínima inicio (solera canal)	Cota vertido	Caudal mínimo (l/s)	Longitud (m)	Velocidad (m/s)
Balsa vacía/nivel medio	387,8	387,2	1.912	134	3,80
Balsa llena	387,8	387,7	777	134	1,54

El desnivel existente en caso de balsa vacía o a cota media permite un transporte de caudal muy superior al de diseño por lo tanto la infraestructura permitirá transportar este caudal con holgura. En caso de balsa totalmente llena (a cota NAMO), el desnivel existente permite el transporte del caudal de diseño.

Así pues, la tubería de llenado será de PRFV DN 800 con una longitud total de 134 m. El primer tramo bajo el camino de servicio del canal, así como el último bajo el camino de coronación de la balsa irán protegidos con una viga de hormigón.

El vertido de esta tubería en el vaso se realiza a través de un aliviadero invertido, tal y como se indica en el plano 05.08.

Como se ha indicado anteriormente, para el control del agua derivada se instalará un caudalímetro de ultrasonidos, en un punto en el que la cota de la generatriz superior de la tubería esté por debajo de la cota de vertido del aliviadero invertido, es decir, por debajo de la cota 387,2 msnm.

2.4 OBRA DE ENTRADA

Tal y como se ha indicado con anterioridad en el punto de vertido en balsa se prevé una obra de entrada tipo aliviadero invertido, garantizando un vertido laminar sobre la lámina impermeabilizante de la balsa y minimizando la energía de entrada, y por tanto los posibles daños. La obra de entrada se proyecta a una cota intermedia de la balsa, con labio en la cota 387,2 msnm. El caudal de diseño para esta infraestructura será el caudal de entrada (777 l/s).

Los cálculos de este aliviadero invertido se recogen a continuación, mediante la siguiente expresión:

$$Q_i = 1{,}82 \cdot L \cdot (h)^{\frac{3}{2}}$$

donde h es la elevación de la lámina de agua sobre el labio vertiente del aliviadero y L la longitud de dicho labio vertiente.

A continuación, se recoge las características y el resultado de los cálculos realizados, para distintas longitudes de labio de vertido:

	Q (m^3/s)	L (m)	h (m)
Aliviadero invertido Senés	0,78	5,00	0,19
	0,78	6,00	0,17
	0,78	7,00	0,16

La longitud del labio del aliviadero será de 6,00 m para una altura de lámina de agua de 0,17 m, en la situación de caudal máximo. Es decir, cota máxima de agua será de 387,37 msnm, garantizando un resguardo de 3,13 m respecto a la cota de coronación de la balsa y de 0,43 m sobre la solera del canal (387,8 msnm).

2.5 ALIVIADERO

Para el diseño y dimensionamiento de esta infraestructura se considerará como hipótesis de trabajo aquella en la que la balsa se encuentre a su máxima capacidad, es decir, la lámina de agua se encuentre en el Nivel de Almacenamiento Máximo Ordinario (en adelante NAMO), se esté derivando a la misma el caudal de llenado anteriormente indicado y, además, se esté produciendo en ese instante un episodio de lluvia torrencial.

Conocido el caudal de diseño, únicamente nos queda por determinar el caudal debido a la lluvia. Así, según el Manual Técnico Núm. 2 "Diseño y construcción de Pequeños Embalses" editado en 1.986 por el Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) se puede tomar como valor de la máxima precipitación horaria probable el 40 % de la máxima precipitación diaria correspondiente al mismo periodo de retorno.

Para calcular la máxima lluvia diaria para un periodo de retorno considerado de 50 años se ha utilizado la serie monográfica "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" del Ministerio de Fomento.

Así pues, se obtiene una lluvia máxima en una hora de 38,03 mm.

Superficie interior .....27.878 m^2

Lluvia considerada .....38,03 mm/h

Caudal a desalojar .....288 l/s

Teniendo en cuenta esto, el caudal considerado en este caso para el dimensionamiento del aliviadero será de 1.065 l/s, obtenido de la suma del caudal de llenado (777 l/s) y del caudal resultante de la lluvia considerada (288 l/s).

Los cálculos de este aliviadero se recogen a continuación, mediante la siguiente expresión:

$$Q_i = 1{,}82 \cdot L \cdot (h)^{\frac{3}{2}}$$

donde h es la elevación de la lámina de agua sobre el labio vertiente del aliviadero y L la longitud de dicho labio vertiente.

A continuación, se recoge las características y el resultado de los cálculos realizados, para distintas longitudes de labio de vertido:

	Q (m^3/s)	L (m)	h (m)
Aliviadero	1,07	5	0,24
	1,07	6	0,21
	1,07	8	0,17

Se adopta el criterio de considerar un labio de 6 m. de longitud, con lo que el Nivel de Almacenamiento Máximo Extraordinario (NAME) queda fijado con una altura de vertido de 0,21 m., es decir, a la cota 387,91 msnm.

La tubería que evacuará el agua de alivio será de Acero Helicosoldado DN 813 de 7,9 mm de espesor (en el primer tramo bajo el dique) y tras este tramo se inicia un tramo con tubería de PRFV DN 800 mm.

El vertido de esta tubería se realiza en un desagüe al otro lado del canal de Monegros, ya que, al estar la balsa excavada en su totalidad, no se encuentra cota suficiente para el vertido en la margen derecha del canal. El cruce del canal se llevará a cabo mediante hinca para evitar afecciones al Canal. En el punto de vertido en el desagüe se ha proyectado una protección con escollera en una longitud de 20 m.

2.6 RESGUARDO

2.6.1 DETERMINACIÓN DEL NAMO

Denominaremos como NAMO al Nivel de Almacenamiento Máximo Ordinario, cuyo volumen de almacenamiento será el comprendido entre la cota de fondo de la balsa y el labio de vertido del aliviadero.

En este caso la altura de almacenamiento es de 5 m, con lo que la cota de Nivel de Almacenamiento Máximo Ordinario será 387,7 m.s.n.m.

2.6.2 DETERMINACIÓN DEL NAME

Denominaremos como NAME al Nivel de Almacenamiento Máximo Extraordinario, cuyo volumen de almacenamiento será el comprendido entre la cota de fondo de la balsa y la altura máxima de vertido sobre el labio de vertido del aliviadero.

El máximo caudal a aliviar tal y como se ha calculado anteriormente será de 1.065 l/s.

Para un labio de vertido de 6 m de longitud y un caudal máximo a evacuar de 1.065 l/s, obtendremos una altura máxima de vertido por encima del labio del aliviadero de 0,21 m aproximadamente. Por lo tanto, el NAME quedará definido en la cota 387,91 m.

2.6.3 DETERMINACIÓN DEL RESGUARDO Y COTA DE CORONACIÓN

La altura de coronación de la balsa quedará determinada por la cota del NAME más el resguardo que asegure que las olas, en el momento en que se produce el mencionado NAME, no salten por encima del dique.

Para la estimación del resguardo necesario se recomienda la utilización de la siguiente expresión empírica, en m:

$$h = 1{,}5 \times h1$$

$$h1 = 0{,}6 \times \sqrt[4]{L}\,;$$ siendo L el fetch en Km.

Considerando un valor del fetch de 238 m, siendo éste el valor de la mayor longitud de recorrido del viento en la lámina de agua, obtenemos un resguardo mínimo de 0,63 m.

Así pues, considerando la altura de vertido de agua sobre el labio de vertido del aliviadero, establecida en la cota 387,91 m obtenemos un resguardo efectivo respecto a esta situación de NAME de 2,59 m, superior al resguardo recomendado por la fórmula empírica mencionada anteriormente (0,63 m).

Por último, la cota de coronación quedará determinada en la cota 390,5 estando 2,8 m por encima del NAMO.

2.7 TOMA DE FONDO

La toma de fondo se define como la infraestructura que conecta la balsa con la estación de bombeo. Se compone principalmente de los siguientes elementos:

- Obra de fábrica de la toma de fondo: Tiene forma trapecial en planta con un lado largo de 7,95 metros, un lado corto de 4,53 y una altura de 2,00 m en hormigón H-30 con doble mallazo de 12 mm de diámetro en cuadrícula de 0,15x0,15 m. La cota de fondo de la obra de vertido se encuentra en la 381,00 m.s.n.m. y permite el desalojo de los volúmenes de agua solicitados por la estación de bombeo.

  Tubería de conexión con E.B.: tubo de 58 m metros longitud en acero helicosoldado DN 1422 con un espesor de 10,3 mm embebido en HA-25 armado de 30 cm de espesor, con doble mallazo de 12 mm de diámetro en cuadrícula de 0,15x0,15 m.

Formulación.

Para verificar la funcionalidad de este elemento, se determinó la pérdida de carga de esta conducción con un funcionamiento "en carga", mediante la fórmula de Darcy-Weisbach de expresión:

$$H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g}$$

donde:

- Hf = Pérdida de carga en mca.
- f = Factor de fricción (adimensional).
- L = Longitud del tramo en m.
- D = Diámetro interior de la tubería en m.
- V = Velocidad de la tubería en m/s.
- g = Aceleración de la gravedad 9,8 m/s^2.

El factor de fricción se ha calculado por la fórmula de White Colebrook, de expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{2{,}51}{\mathrm{Re}\sqrt{f}} + \frac{Ka}{3{,}71D}\right)$$

donde:

- Re = Nº de Reynolds.
- Ka = Coeficiente de rugosidad absoluta. Se ha considerado Ka = 0,05 mm para las tuberías de acero y PRFV.

Formulación toma de fondo

Los datos a considerar en el cálculo y dimensionamiento de las condiciones de servicio de esta la toma de fondo son los siguientes:

Material .....Acero Helicosoldado
Tubería ..... 1422 mm
Espesor .....e=10,3 mm
Longitud .....50 (viga de fondo)
Caudal impulsión..... 0,69 l/s

Resultados.

Los resultados obtenidos en el proceso de cálculo son:

Caudal ..... 1.062 l/s
Velocidad ..... 0,69 m/s
Pérdida de Carga .....0,01 mca

2.8 JAULA DE DESBASTE

Se diseña una jaula de desbaste trapezoidal situada sobre la obra de entrada de 8 m en su lado largo y 4,5 en su lado corto con una altura filtrante de 3 m.

JAULA ENTRADA. (Caudal de Impulsión)

Condiciones de diseño:

Caudal impulsión:	1069,00	l/s	1,069 m^3/s

Velocidad de paso referencia: **1** **m/s**

Superficie mínima requerida:

Impulsión	1,069	m^2
	1,069	m^2

Ratio obturación:	70%	
Total superficie requerida:	**1,8173**	**m^2**

Diseño filtro:

Lado mayor:	**8,0**	**m**
Lado menor:	**4,5**	**m**
Altura Sup. filtrante:	3,0	m

Superficie total Bruta: **18,4704** **m^2**

Superficie ocupada:

Separación pletinas verticales:	0,03	m	
nº pletinas verticales:	208	uds	
Espesor pletinas:	0,003	m	
Separación barras horizontales:	0,03	m	
nº barras horizontales:	99	uds	
nº de barras por tramo:	2	uds	(Una en la cara interior y otra en la exterior, o dos en uno de los lados)
Espesor barras:	0,003	m	

Sup. Ocupada por pletinas: 1,84704 m^2

Sup. Ocupada por barras:	3,707	m^2
Total superficie ocupada:	**3,707**	**m^2**

TOTAL SUPERFICIE NETA:	**14,764**	**m^2**	**CUMPLE**
% Sup. libre:	79,93%		
Velocidad diseño:	Qmax		
Filtro limpio:	0,07	m/s	
Con % de obturación:	0,12	m/s	(0,7)

2.9 DESAGÜE DE FONDO

Por exigencia de la Subdirección General de Regadíos y economía del agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambienta, y atendiendo a la existencia de diques de contención que en un momento dado se puedan debilitar y precisen de una actuación inmediata de vaciado orientada a la eliminación del riesgo, se indica que la balsa debe contar con una infraestructura de desagüe de fondo dimensionada para que el tiempo máximo de vaciado sea de 24 horas.

En este caso en particular, esta balsa se encuentra 100% excavada, por lo que el riesgo para el que se dimensiona la infraestructura del desagüe de fondo no existe, por lo que se entiende que no debe proyectarse esta infraestructura.

2.10 RED DE DRENAJE

Para el dimensionamiento de las tuberías de drenaje, ante la imposibilidad de conocer los caudales a drenar, se han realizado varios tanteos con las pendientes disponibles y los diámetros, eligiendo los considerados suficientes. De manera general, se supone que si el caudal de drenaje de la balsa, es superior al 5% del caudal de llenado, la balsa se considera que no es funcional.

En este caso, el caudal máximo de entrada es de 777 l/s, por lo que los drenajes deberían dimensionarse para una capacidad 39 l/s.

La red de drenaje consta de cuatro drenajes principales, 2 perimetrales y 2 centrales, de PVC ranurado DN 160 que permiten una sectorización de la balsa. Los drenajes vierten de forma individual a la arqueta correspondiente que, al ser registrable, permite ubicar las posibles fugas.

Estos drenajes confluyen en un único punto junto a la tubería de la toma de fondo, en la parte interior de la balsa, para cruzar el dique de la balsa en cuatro tuberías, una por cada uno de los drenajes. Una vez cruzan la balsa, estas descargarán en una arqueta de control de drenajes ubicada en la estación de bombeo. Desde dicha arqueta de control se verterá el agua a la cántara gracias a una bomba de achique.

Formulación

Para el cálculo de las pérdidas de carga se ha recurrido a la fórmula de Manning, por considerarse como la más apropiada para estas condiciones de funcionamiento.

Los datos y resultados se expresan en las tablas siguientes, fijándose en los drenajes la pendiente mínima de diseño, pudiendo ser mayor la pendiente y por tanto disponiendo de mayor capacidad de evacuación. La pendiente real dependerá de la pendiente del fondo de la balsa y el punto de cruce del dique, planteándose que los drenajes acompañen el fondo de la balsa:

Tabla 1.- Capacidad de evacuación de los drenajes de la Balsa inferior de Senés

Material	**PVC-Ranurado**	**PVC-Ranurado**
Diámetro (mm)	160	160
Pendiente mínima	0,20%	0,5%
V (m/s)	0,69	1,09
Caudal (l/s)	10,98	15,9

En la anterior tabla vemos el caudal desalojado en función de la pendiente de los drenajes. En el caso de la balsa inferior de Senés, tendremos drenajes con una pendiente mínima de 0,20%. por lo que el caudal total que serán capaces de desalojar los 4 drenajes será de al menos 44 l/s (superior a los 39 l/s establecidos como máximo admisible)

2.11 CORONACIÓN

Para la determinación de la anchura de coronación se emplea la siguiente expresión:

$$W = Z/5 + 3;$$

Siendo Z = altura del dique (m.); Z = 7,8 m

W = anchura de coronación (m.); W = 4,95 metros

Se proyecta finalmente la anchura de coronación de 5,00 m, considerándose ésta como la anchura requerida para poder transitar por la misma.

En la coronación se aplicará una capa de 0,20 m de zahorra natural compactada al 98% PM, con pendiente al exterior del 2% a fin de que haga la función de camino de servicio a lo largo de todo el perímetro.

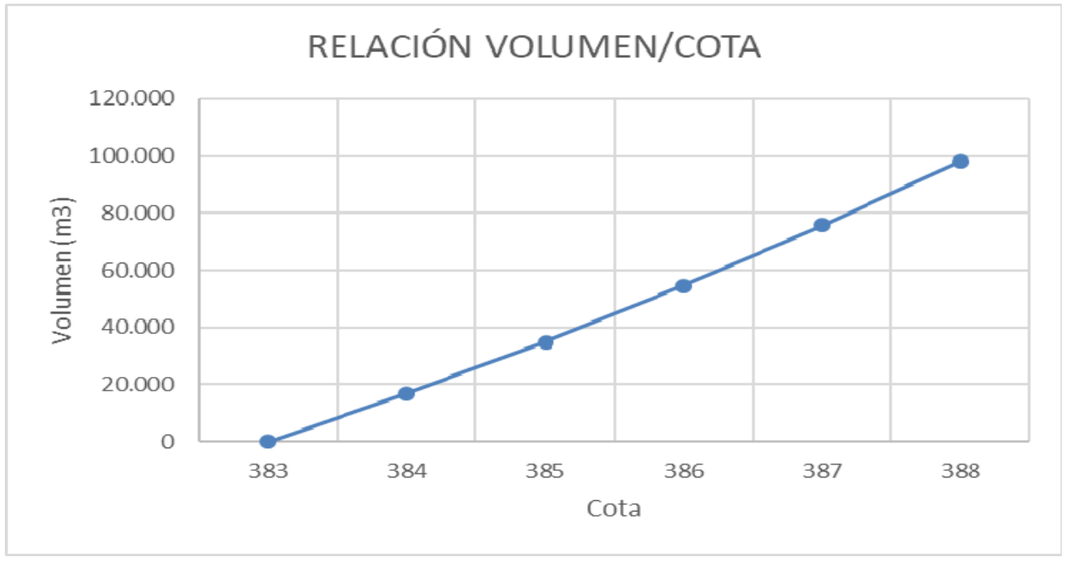
2.12 CAPACIDAD

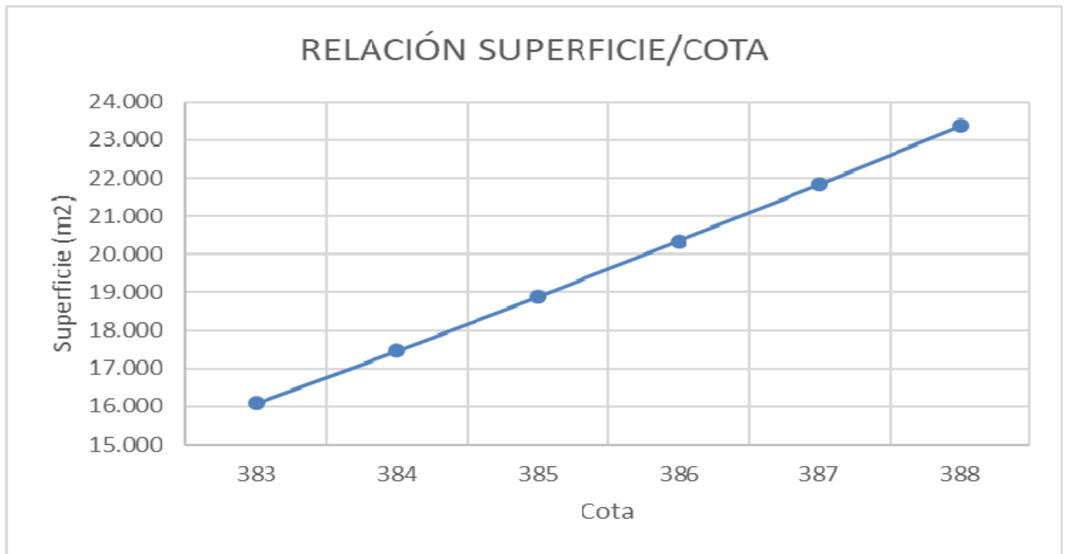
Para determinar la capacidad de la balsa, se realiza la semisuma del producto resultante de la sección que posee la balsa interiormente por la diferencia de cota que existe entre dichas secciones.

En la siguiente tabla, se muestra el resultado de dicha cubicación:

PERFIL	COTA (m)	SUPERFICIE (m2)	SEMISUMA (m2)	DISTANCIA (m)	VOL. Acumulado (m3)
1	382,70	16.082,92			0,00
2	383,70	17.461,60	16.772,26	1,00	16.772,26
3	384,70	18.879,55	18.170,57	1,00	34.942,83
4	385,70	20.336,76	19.608,15	1,00	54.550,99
5	386,70	21.833,25	21.085,01	1,00	75.635,99
6	387,70	23.369,01	22.601,13	1,00	98.237,12
			TOTAL NAMO		**98.237,12**

A continuación, se incorporan las gráficas volumen-cota y superficie-cota:





2.13 CÁLCULO DE LOS ANCLAJES DE LA LÁMINA DE PEAD

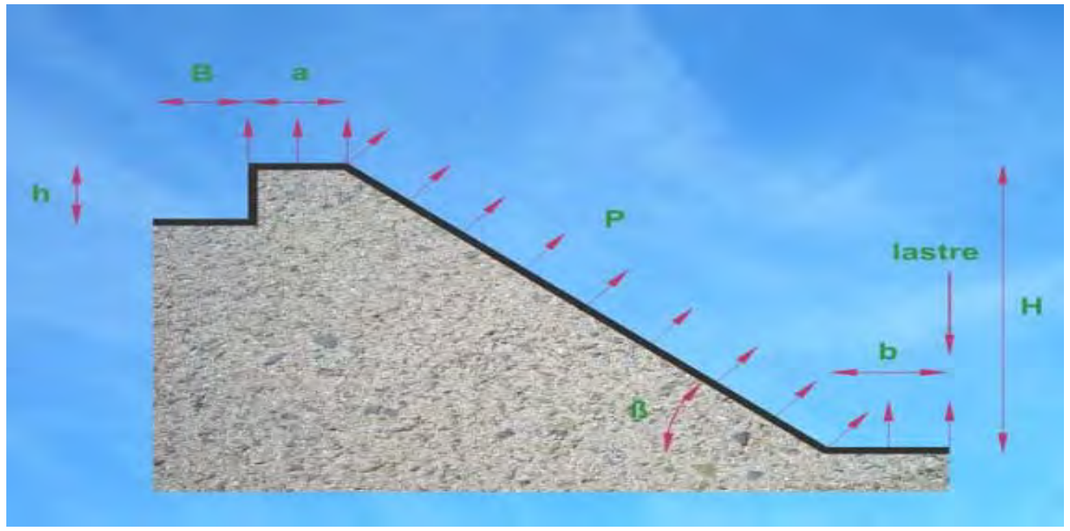
Para la definición de los lastres a colocar en la balsa se ha utilizado un software libre que facilita esta labor, adecuando los datos de entrada a las dimensiones de la balsa a estudiar.

Parámetros que definen la situación de la lámina:

- Talud del dique: 2,5H : 1V
- Altura del dique: h = 7,8 m
- Calado de agua: c = 5 m
- Longitud del talud: l = 21 m

En proyecto se prevén sujeción en la cabeza del talud mediante zanja con material compactado y lastres de hormigón en laterales y fondo de balsa. En este momento se planteará simplificar los lastres dejando los previstos en cabecera y en el fondo.

Esquema del talud, parámetros y esfuerzos que intervienen.

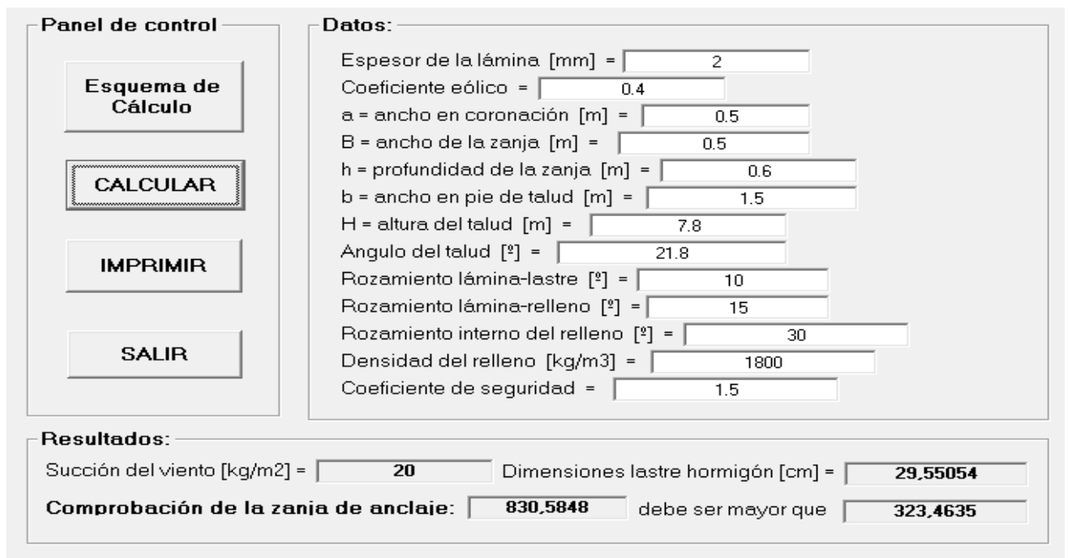


En el cálculo se estudian dos posibles hipótesis.

- Situación Normal (balsa llena)
- Situación Expuesta (balsa vacía)

2.13.1 SITUACIÓN NORMAL

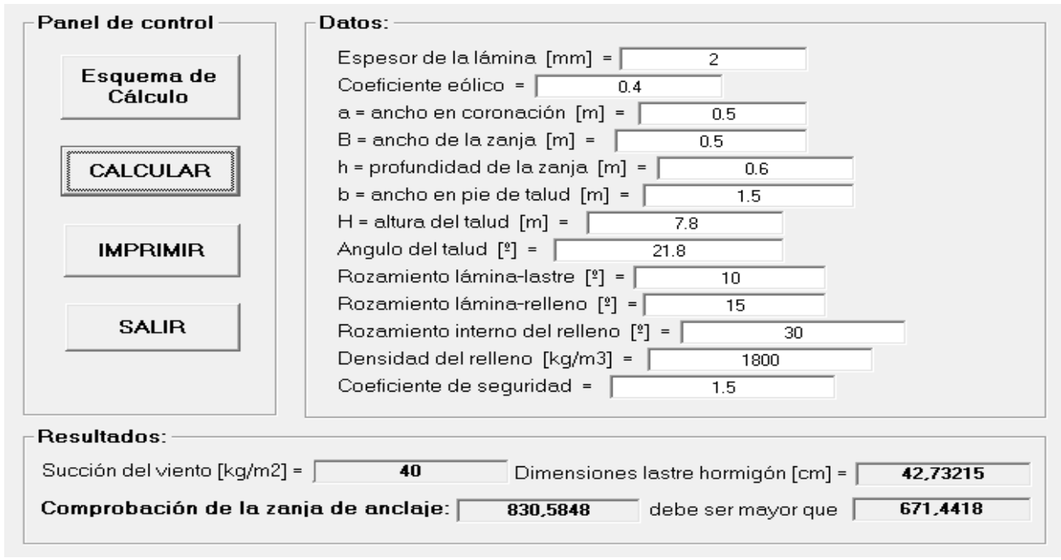
La situación normal corresponde a la balsa llena, situación predominante en este tipo de balsas. Los datos resultantes son:



Se requiere un dado de hormigón de 0,30 cm x 0,30 cm, que equivale a 216,0 Kg/ml. Teniendo en cuenta el peso de un bordillo tipo T3 (117 kg/ud), se propone la instalación de 2 ud de bordillo T3.

2.13.2 SITUACIÓN EXPUESTA

La situación expuesta corresponde a la balsa vacía, situación que tan solo se dará en la fase de montaje ya que en cualquier otra fase siempre habrá algo de agua en el vaso. Los datos resultantes son:



Para la situación expuesta con un coeficiente de seguridad de 1,5 y un coeficiente de viento alto se requiere un dado de hormigón de 0,43 cm x 0,43 cm, que equivale a 443,76 Kg/ml. Teniendo en cuenta el peso de un bordillo tipo T3 (117 kg/ud), se propone la instalación de 4 ud de bordillo T3.

2.13.3 PROPUESTA LASTRES.

En coronación sujeción mediante zanja con materiales compactos, con dimensiones acorde a lo definido en planos.

A pie de talud, instalación de 4 bordillos tipo T3, con un lastre total de 468 kg/m, para un máximo de cálculo de 444 kg/m correspondiente a la situación más expuesta o lastres con peso similar.

2.14 ESTABILIDAD DE TALUDES

En el Anejo nº 7 "Estudio geotécnico" se detalla la metodología y el procedimiento de cálculo seguido para la determinación de la estabilidad de los taludes de la balsa.

En este trabajo se analiza el diseño de la balsa en cuanto a la inclinación de los taludes y a la estabilidad global del conjunto terraplén-cimiento. El análisis de estabilidad se realiza utilizando los métodos tradicionales de Bishop, Janbu, etc., mediante la aplicación del programa de cálculo SLOPE / W y considerando círculos de rotura pasando por el cimiento.

Se analiza tanto en condiciones "secas" como en el caso de rotura de la lámina y desembalse rápido. No se consideran acciones sísmicas pues la zona actuación se localiza dentro de áreas con aceleración sísmica básica inferior a 0,04 g (NCSE-02).

Tal y como se indica en el mismo documento, los taludes planteados en proyecto para la balsa son estables y no es necesario saneo o tratamiento alguno bajo la cimentación del dique de cierre de la balsa.

2.15 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA INFERIOR DE SENÉS

Tabla resumen de las características técnicas de la balsa:

Cota de coronación (m)	390,50
Anchura de coronación (m)	5,00
Cota de fondo (m)	382,70
Cota de agua (N.A.M.O.) (m)	387,70
Altura de agua (N.A.M.O.) (m)	5,00
Cota de agua (N.A.M.E.) (m)	387,91
Volumen de agua (N.A.M.O.) (m^3)	98.237,12
Resguardo sobre N.A.M.O. (m)	2,8
Superficie de fondo de balsa (m^2)	16.082,92
Perímetro fondo de balsa (m)	543,62
Superficie lámina de agua (N.A.M.O.) (m^2)	23.369,01
Superficie de coronación (m^2)	27.878,04
Perímetro arista de coronación (m)	666,14
Talud aguas arriba (interior)	2,5/1
Talud aguas abajo desmonte (exterior)	1/1
Talud aguas abajo terraplén (exterior)	2/1
Volumen de desmonte (m^3)	164.080,38
Volumen de terraplén (m^3)	1.276,33

3 BALSA ELEVADA SENÉS

La balsa elevada de Senés se encuentra situada en el polígono 515 del término municipal de Senés, como puede verse en los planos 08.01 y 08.02. La balsa elevada recibe el agua desde la estación de bombeo y abastece a la red de riego de Senés.

3.1 ALIVIADERO

Tal y como se estableció en la anterior balsa, la lluvia máxima en una hora es de 37,19 mm.

Superficie interior .....27.126 m^2

Lluvia considerada .....37,19 mm/h

Caudal a desalojar .....280 l/s

Teniendo en cuenta esto, el caudal considerado en este caso para el dimensionamiento del aliviadero será de 1342 l/s, obtenido de la suma del caudal de llenado (1062 l/s) y del caudal resultante de la lluvia considerada (280 l/s).

Los cálculos de este aliviadero se recogen a continuación, mediante la siguiente expresión:

$$Q_i = 1{,}82 \cdot L \cdot (h)^{\frac{3}{2}}$$

donde h es la elevación de la lámina de agua sobre el labio vertiente del aliviadero y L la longitud de dicho labio vertiente.

A continuación, se recoge las características y el resultado de los cálculos realizados, para distintas longitudes de labio de vertido:

	Q (m^3/s)	L (m)	h (m)
Aliviadero	1,342	8	0,20
	1,342	9	0,19
	1,342	10	0,18

Se adopta el criterio de considerar un labio de 9 m. de longitud, con lo que el Nivel de Almacenamiento Máximo Extraordinario (NAME) queda fijado con una altura de vertido de 0,19 m., es decir, a la cota 439,29 msnm.

La tubería que evacuará el agua de alivio será de Acero Helicosoldado DN 711 de 7,9 mm de espesor (en el primer tramo bajo el dique, 14 m) y tras este tramo se inicia un tramo de 126 m que se realiza con tubería de PRFV DN 700 mm.

El vertido de esta tubería se realiza en una zona en la que la pendiente del terreno resulta favorable para el desagüe en caso necesario, tal y como se indica en el plano 08.09. En la obra de salida se instalará una reja que evite la entrada de animales a la balsa a través del aliviadero.

3.2 RESGUARDO

3.2.1 DETERMINACIÓN DEL NAMO

Como en la balsa anterior, la altura de almacenamiento es de 4,1 m, con lo que la cota de Nivel de Almacenamiento Máximo Ordinario será 439,1 m.s.n.m.

3.2.2 DETERMINACIÓN DEL NAME

El máximo caudal a aliviar tal y como se ha calculado anteriormente será de 1.342 l/s.

Para un labio de vertido de 9 m de longitud y un caudal máximo a evacuar de 1.342 l/s, obtendremos una altura máxima de vertido por encima del labio del aliviadero de 0,19 m aproximadamente. Por lo tanto, el NAME quedará definido en la cota 439,29 m.

3.2.3 DETERMINACIÓN DEL RESGUARDO Y COTA DE CORONACIÓN

Para la estimación del resguardo necesario se recomienda la utilización de la siguiente expresión empírica, en m:

$$h = 1{,}5 \times h1$$

$$h1 = 0{,}6 \times \sqrt[4]{L}\,; \qquad \text{siendo L el fetch en Km.}$$

Considerando un valor del flech de 251 m, siendo éste el valor de la mayor longitud de recorrido del viento en la lámina de agua, obtenemos un resguardo mínimo de 0,64 m.

Así pues, considerando la altura de vertido de agua sobre el labio de vertido del aliviadero, establecida en la cota 439,29 m obtenemos un resguardo efectivo respecto a esta situación de NAME de 0,71 m, superior al resguardo recomendado por la fórmula empírica mencionada anteriormente (0,64 m).

Por último, la cota de coronación quedará determinada en la cota 440 estando 0,9 metros por encima del NAMO.

3.3 TOMA DE FONDO

La infraestructura de toma de fondo propiamente dicha de la balsa corresponderá con el punto de suministro a la red de riego de Senés.

Para el dimensionado de la Toma de Fondo, se ha tenido en cuenta tanto el caudal de abastecimiento a la red de riego en la situación de diseño, como el caudal de bombeo. En este caso el caudal de cabecera para el funcionamiento de la red es 1.089 l/s y el caudal máximo de bombeo es de 1.062 l/s.

La Toma de Fondo estará formada por una tubería de acero helicosoldado con diámetro de 1016 mm y espesor de 10 mm, con un régimen de funcionamiento en carga, que unirá el fondo de la Balsa con la red de riego.

La cota de captación de la Toma de Fondo será de 435 msnm.

Pérdidas de carga

Los datos a considerar en el cálculo y dimensionamiento de las condiciones de servicio de esta Toma de Fondo son los siguientes:

Material .....AH S235 JR G2
Diámetro .....1016 mm
Espesor ..... 10 mm
Longitud ..... 37 m
Caudal máximo .....1089 l/s
Velocidad .....1,39 m/s
Pérdida de Carga ..... 0,03 m

De esta forma, la pérdida de carga total de la conducción es de 0,03 m.

3.4 JAULA DE DESBASTE

Se diseña una jaula de desbaste de 1000 mm de diámetro y 1100 mm de altura, dejando un zócalo de 30 cm de zona no filtrante para retener posibles lodos.

JAULA TOMA FONDO.

Condiciones de diseño:

Caudal riego Gravedad:	1089	l/s
Caudal Bombeo:	1057	l/s

Velocidad de paso referencia: **1** **m/s**

Superficie mínima requerida:

Gravedad:	1,089	m^2
Bombeo Directo:	1,057	m^2
	1,089	m^2
Ratio obturación:	70%	
Total superficie requerida:	**1,85147**	**m^2**

Diseño filtro:

Diámetro:	**1**	**m**
Altura Sup. filtrante:	0,8	m
Zócalo (zona no filtrante):	0,3	m
Altura TOTAL filtro:	**1,1**	**m**

Superficie total Bruta:

Área superior:	0,785	m^2
Área lateral:	2,513	m^2
Total Superficie Bruta:	3,299	m^2
Sup. BRUTA Diseño:	**2,513**	**m^2**

Superficie ocupada:

Separación pletinas verticales:	0,02	m	
nº pletinas verticales:	158	uds	
Espesor pletinas:	0,005	m	
Separación barras horizontales:	0,3	m	
nº barras horizontales:	3	uds	
nº de barras por tramo:	2	uds	(Una en la cara interior y otra en la exterior, o dos en uno de los lados)
Espesor barras:	0,006	m	

Sup. Ocupada por pletinas:	0,632	m^2
Sup. Ocupada por barras:	0,113	m^2
Total superficie ocupada:	**0,632**	**m^2**

TOTAL SUPERFICIE NETA:	**1,881**	**m^2**	**CUMPLE**		
% Sup. Lateral libre:	74,85%				
Velocidad diseño:	Qmax			Qmin:	
Filtro limpio:	0,58	m/s		0,56	m/s
Con % de obturación:	0,98	m/s	(0,7)	0,96	m/s

3.5 DESAGÜE DE FONDO

Por exigencia de la Subdirección General de Regadíos y economía del agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambienta se deberá dimensionar la infraestructura debe contar con desagüe de fondo y estar dimensionado para que el tiempo máximo de vaciado sea de 24 horas.

Tras el estudio de las diferentes opciones se concluye que la tubería del desagüe de fondo, con longitud 180 metros de longitud, con cota en punto de vertido 430 en la vaguada existente aguas debajo de la balsa, tendrá un desnivel de entre 9 y 5 m.

Atendiendo a este desnivel y la cota variación de la cota de lámina en la balsa se concluye que en una tubería DN 500 el vaciado se realizará en un tiempo ligeramente inferior a las 24 horas fijadas, por tanto, este será el diámetro elegido para el desagüe de fondo de la balsa.

A continuación, se recogen los tiempos de vaciado según nivel en balsa:

Cota lámina agua	Punto vertido desagüe fondo			Caudal medio	SUPERFICIE	SEMISUMA	VOLUMEN	Tiempo vaciado
	Vel (m/s)	Q (l/s)	Q (m3/h)	(m3/h)	(m2)	(m2)	(m3)	(h)
439,1	6,23	1238	4456,8		25.571,38			
438	5,76	1148	4132,8	4294,8	23.705,31	24638,34	27.102,18	6,31
437	5,32	1060	3816	3974,4	22.042,28	22873,79	22.873,79	5,76
436	4,84	962	3463,2	3639,6	20.411,06	21226,67	21.226,67	5,83
435	4,30	857	3085,2	3274,2	18.811,64	19611,35	19.611,35	5,99
						TOTAL	**90.813,99**	**23,89**

Para atender las necesidades de evacuación se plantea un tramo de acero helicosoldado 508x6,4 mm en la viga de fondo, y hormigón C90 DN 500 en el resto de la infraestructura.

3.6 RED DE DRENAJE

Para el dimensionamiento de las tuberías de drenaje, ante la imposibilidad de conocer los caudales a drenar, se han realizado varios tanteos con las pendientes disponibles y los diámetros, eligiendo los considerados suficientes. De manera general, se supone que si el caudal de drenaje de la balsa, es superior al 5% del caudal de llenado, la balsa se considera que no es funcional. En este caso, el caudal máximo de entrada es de 1.062 l/s, por lo que los drenajes deberían dimensionarse para una capacidad 53 l/s.

Debido a la impermeabilización proyectada en la balsa, se ha diseñado un drenaje repartido por toda la balsa, con el planteamiento de zonificar la balsa.

La red de drenaje consta de cinco drenajes principales, 3 perimetrales y 2 centrales, de PVC ranurado DN 160 que permiten una sectorización de la balsa, los cuales vierten de forma individual a la arqueta correspondiente que, al ser registrable, permite ubicar las posibles fugas.

Estos drenajes confluyen en un único punto junto a la toma de fondo, en la parte interior de la balsa, para cruzar el dique de la balsa en cinco tuberías, una por cada uno de los drenajes. Una vez cruzan la balsa, estas descargarán en la arqueta de desagüe de fondo. Desde dicha arqueta se proyecta una tubería de PVCO de DN250 PN10 que conectará con la tubería de desagüe descrita anteriormente. Se proyecta una válvula de seccionamiento que permitirá aislar la red de drenaje cuando se proceda al vaciado de la balsa a través de la tubería de desagüe.

Formulación.

Para el cálculo de las pérdidas de carga se ha recurrido a la fórmula de Manning, por considerarse como la más apropiada para estas condiciones de funcionamiento.

Los datos y resultados se expresan en las tablas siguientes, fijándose en los drenajes la pendiente mínima de diseño, pudiendo ser mayor la pendiente y por tanto disponiendo de mayor capacidad de evacuación. La pendiente real dependerá de la pendiente del fondo de la balsa y el punto de cruce del dique, planteándose que los drenajes acompañen el fondo de la balsa:

Tabla 2.- Capacidad de evacuación de los drenajes de la Balsa Elevada de Senés

Material	PVC-Ranurado	PVC-Ranurado
Diámetro (mm)	160	160
Pendiente mínima	0,20%	0,5%
V (m/s)	0,69	1,09
Caudal (l/s)	10,98	15,9

En la anterior tabla vemos el caudal desalojado en función de la pendiente de los drenajes. En el caso de la balsa elevada de Senés, tendremos drenajes con una pendiente mínima de 0,20%. por lo que el caudal total que serán capaces de desalojar los 5 drenajes será de al menos 55 l/s (superior a los 53 l/s establecidos como máximo admisible)

3.7 CORONACIÓN

Para la determinación de la anchura de coronación se emplea la siguiente expresión:

$$W = Z/5 + 3;$$

Siendo Z = altura del dique (m.); Z = 5 m

W = anchura de coronación (m.); W = 4 metros

Se proyecta por tanto una anchura de coronación de 4,00 m, considerándose ésta como la anchura requerida para poder transitar por la misma.

En la coronación se aplicará una capa de 0,20 m de material granular Z30 compactada al 98% PM, con pendiente al exterior del 2% a fin de que haga la función de camino de servicio a lo largo de todo el perímetro.

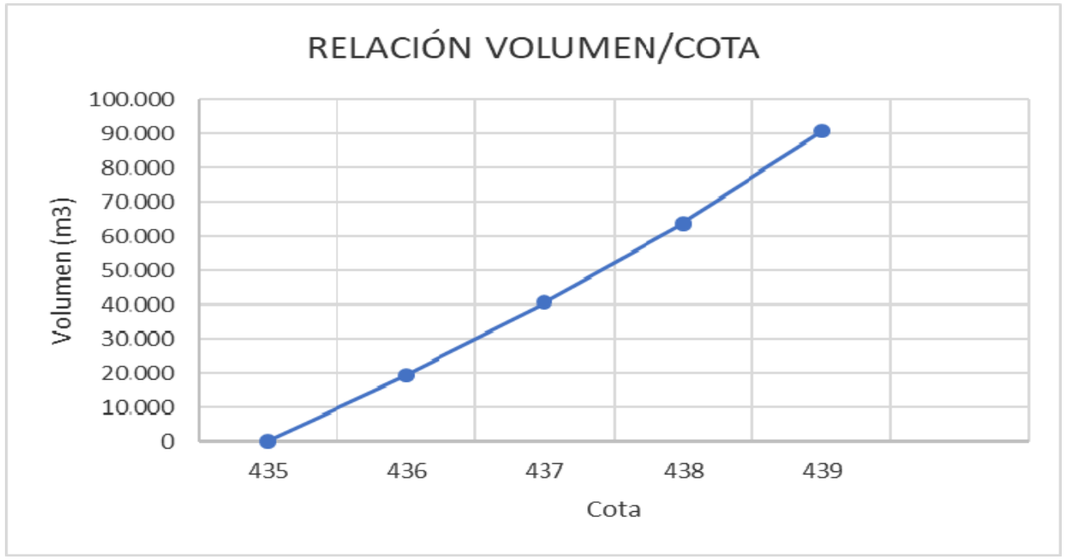
3.8 CAPACIDAD

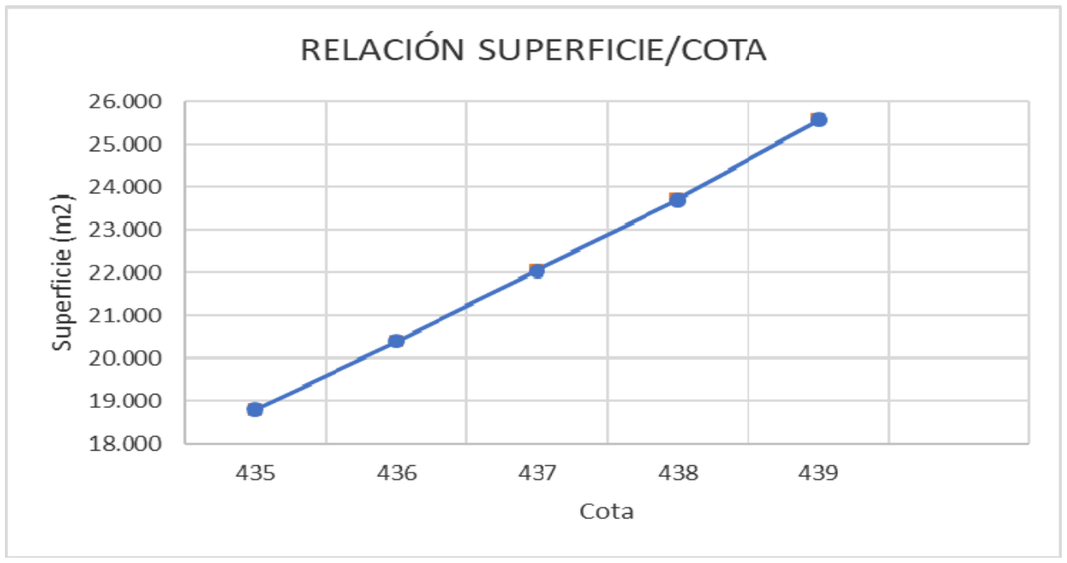
Para determinan la capacidad de la balsa se realiza la semisuma del producto resultante de la sección que posee la balsa interiormente por la diferencia de cota que existe entre dichas secciones.

En la siguiente tabla, se muestra el resultado de dicha cubicación:

PERFIL	COTA (m)	SUPERFICIE (m2)	SEMISUMA (m2)	DISTANCIA (m)	VOLUMEN (m3)	VOL. Acumulado (m3)
1	435,00	18.811,64				0,00
2	436,00	20.411,06	19.611,35	1,00	19.611,35	19.611,35
3	437,00	22.042,28	21.226,67	1,00	21.226,67	40.838,02
4	438,00	23.705,31	22.873,79	1,00	22.873,79	63.711,81
5	439,10	25.571,38	24.638,34	1,10	27.102,18	90.813,99
			TOTAL NAMO			**90.813,99**

A continuación, se incorporan las gráficas volumen-cota y superficie-cota:





3.9 CÁLCULO DE LOS ANCLAJES DE LA LÁMINA DE PEAD

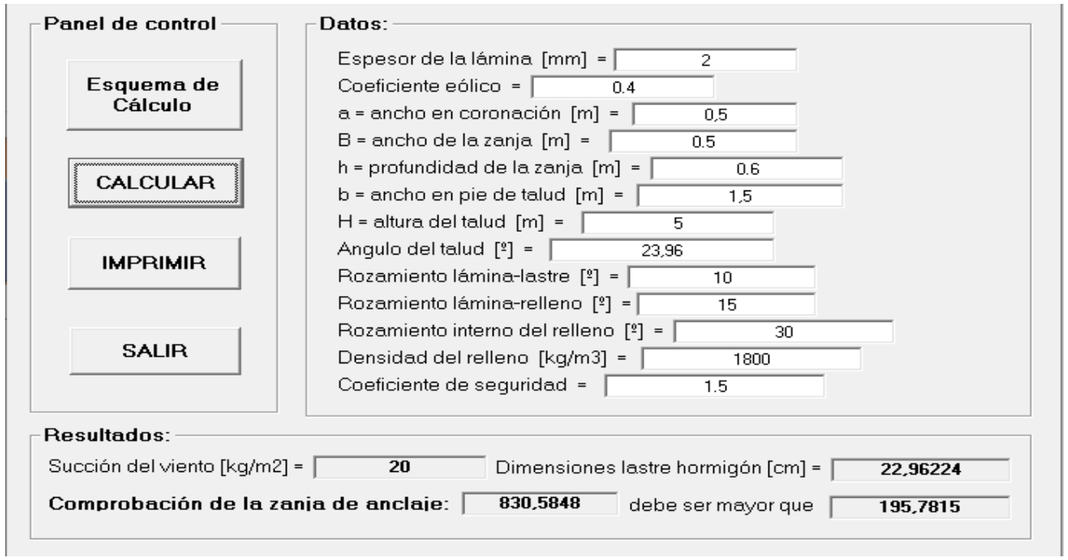
En este caso, los parámetros que definen la situación de la lámina son los mismos que en el caso de la Balsa Elevada de Senés:

- Talud del dique: 2,25H : 1V
- Altura del dique: h = 5 m
- Calado de agua: c = 4 m
- Longitud del talud: l = 12,31 m

En proyecto se prevén sujeción en la cabeza del talud mediante zanja con material compactado y lastres de hormigón en laterales y fondo de balsa. En este momento se planteará simplificar los lastres dejando los previstos en cabecera y en el fondo.

3.9.1 SITUACIÓN NORMAL

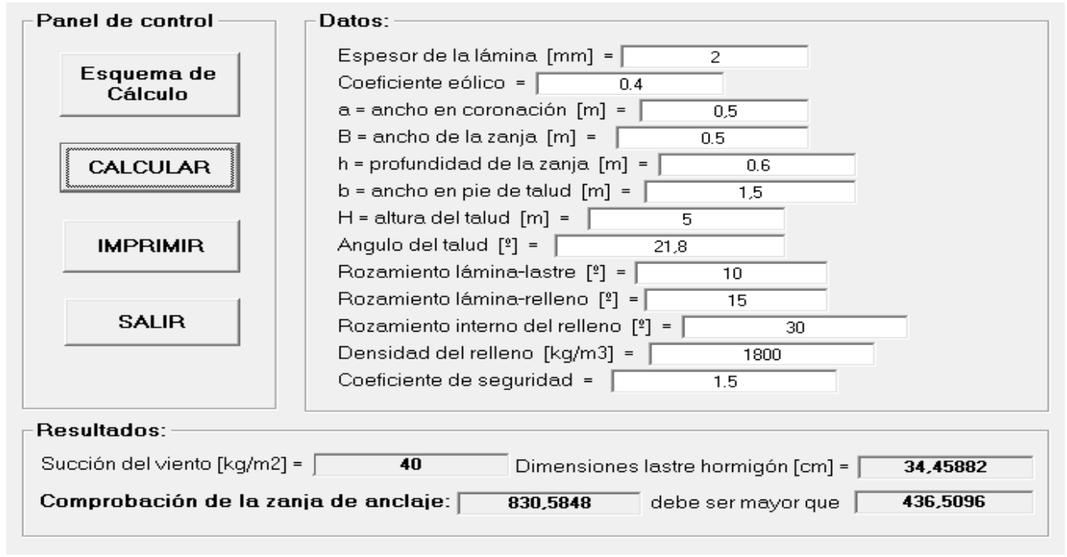
La situación normal corresponde a la balsa llena, situación predominante en este tipo de balsas. Los datos resultantes son:



Se requiere un dado de hormigón de 0,23 cm x 0,23 cm, que equivale a 124,84 Kg/ml. Teniendo en cuenta el peso de un bordillo tipo T2 (85 kg/ud), se propone la instalación de 2 ud de bordillo T2.

3.9.2 SITUACIÓN EXPUESTA

La situación expuesta corresponde a la balsa vacía, situación que tan solo se dará en la fase de montaje ya que en cualquier otra fase siempre habrá algo de agua en el vaso. Los datos resultantes son:



Para la situación expuesta con un coeficiente de seguridad de 1,5 y un coeficiente de viento alto se requiere un dado de hormigón de 0,35 cm x 0,35 cm, que equivale a 289,10 Kg/ml. Teniendo en cuenta el peso de un bordillo tipo T3 (117 kg/ud), se propone la instalación de 3 ud de bordillo T3.

3.9.3 PROPUESTA LASTRES.

En coronación sujeción mediante zanja con materiales compactos, con dimensiones acorde a lo definido en planos.

A pie de talud, instalación de 3 bordillos tipo T3, con un lastre total de 351 kg/m, para un máximo de cálculo de 289 kg/m correspondiente a la situación más expuesta o lastres con peso similar.

3.10 CLASIFICACIÓN DE LA BALSA

En relación a la tramitación, del registro y clasificación de la balsa elevada de Senés, podremos concluir que:

Según el REAL DECRETO 9/2008, de 11 de enero, en el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, en su Artículo 367. Obligaciones del titular, se dice que los titulares de presas y balsas de altura superior a 5 metros o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m^3, de titularidad privada o pública, existentes, en construcción o que se vayan a construir, estarán obligados a solicitar su clasificación y registro. En este caso la altura máxima del dique de la balsa es menor de 5 m y una capacidad de 90.814 m^3, por lo tanto, se propone **no tramitar la clasificación de la misma.**

3.11 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA ELEVADA DE SENÉS

Tabla resumen de las características técnicas de la balsa:

Cota de coronación (m)	440,00
Anchura de coronación (m)	4,00
Cota de fondo (m)	435,00
Cota de agua (N.A.M.O.) (m)	439,10
Altura de agua (N.A.M.O.) (m)	4,10
Cota de agua (N.A.M.E.) (m)	439,29
Volumen de agua (N.A.M.O.) (m3)	90.813,99
Resguardo sobre N.A.M.O. (m)	0,90
Superficie de fondo de balsa (m^2)	18.811,64
Perímetro fondo de balsa (m)	703,78
Superficie lámina de agua (N.A.M.O.) (m^2)	25.571,38
Superficie de coronación (m^2)	27.126,79
Perímetro arista de coronación (m)	774,47
Talud aguas arriba (interior)	2,25/1
Talud aguas abajo desmonte (exterior)	1/1
Talud aguas abajo terraplén (exterior)	2/1
Volumen de desmonte (m^3)	62.959,68
Volumen de terraplén (m^3)	27.833,39

4 BALSA INFERIOR ROBRES

La balsa inferior de Robres se encuentra situada en el polígono 9 del término municipal de Robres, como puede verse en los planos 09.01 y 09.02. La balsa inferior recoge las aportaciones del Canal de Monegros y abastece a la balsa intermedia y la balsa elevada mediante bombeo.

4.1 CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

Para la estimación del volumen de almacenamiento de agua de riego se han considerado los siguientes parámetros:

Superficie Total: .....1.783,54 ha

Demanda en el mes de máximas necesidades: .....1.909,04 m^3/ha

Caudal Ficticio continuo en el mes de máximas necesidades: .....0,71 l/s y ha

Horas de llenado desde Canal: ..... 168 h/semana

Horas de bombeo a Balsa Intermedia / Elevada: ..... 123 h/semana

Caudal de entrada (desde Canal): ..... 1.266 l/s

Caudal de salida bombeo 1: ..... 1.069 l/s

Caudal de salida Bombeo 2: ..... 667 l/s

Con los datos anteriores, se ha calculado las necesidades de regulación de la Balsa Inferior de Robres, siendo preciso un volumen de 80.366 m^3 aproximadamente.

Finalmente se proyecta una balsa con una capacidad total de 151.959,43 m^3, lo que asegura una reserva de 1,4 días en el mes de máximas necesidades, en caso de corte en la entrada de agua desde el canal. A esta reserva se debe sumar la de las Balsas Intermedia y Elevada, que se definen en apartados posteriores.

4.2 TOMA EN CANAL

Para el llenado de la Balsa Inferior de Robres se tiene previsto realizar una nueva captación de aguas en el Canal de Monegros. El punto previsto se sitúa al Sur de la Balsa Inferior de Robres, tal y como se observa en el plano 04.02

El caudal solicitado será el correspondiente al CFC para la superficie de riego, es decir, 1266 l/s. La nueva toma estará compuesta por los siguientes elementos:

- Se proyecta una apertura en el lateral izquierdo del Canal en la que se dispondrá una compuerta tipo mural con cierre estanco a 4 caras. La compuerta tendrá unas dimensiones de 1,2 x 1,2 m^2. La compuerta estará motorizada y automatizada para asignar la consigna de caudal a entregar.
- Arqueta de desbaste para la instalación de una reja con dimensiones 3,0 m de ancho por 3,8 m de alto, con 50mm de paso entre barrotes verticales. Sobre la reja anterior se proyecta un limpiarrejas automático compuesto por máquina de dos brazos accionados por sistema oleohidráulico y sistema de expulsión de tipo pala. La arqueta de desbaste tendrá unas dimensiones interiores de 5,00 x 3,00 m^2 y una altura de 3,00 m.
- Tubería de PRFV DN1000 que partirá del muro del canal y conectará con la Balsa Inferior de Robres. El primer tramo de esta tubería (bajo el camino de servicio del canal) irá protegida mediante una viga de hormigón armado.
- Sobre la tubería de llenado, se proyecta un caudalímetro de ultrasonidos no invasivo en arqueta accesible. El caudalímetro controlará que el caudal de entrada a la balsa sea el preciso. Las coordenadas (UTM ETRS89, H30) del caudalímetro son:

  UTM HUSO 30 (X = 713.065; Y = 4.637.144)

- Para que el caudalímetro funcione correctamente, la conducción debe trabajar a sección llena, por lo que en la salida de la tubería a la balsa se proyecta un aliviadero invertido de forma que, aunque la balsa esté por debajo del Nivel Máximo (que coincide con la cota de solera del Canal de Monegros), la tubería permanezca llena.
- Por último, se dispondrán elementos de control de nivel aguas arriba (en el canal) y aguas abajo (en la balsa)

4.3 TUBERÍA DE LLENADO

La determinación del caudal de llenado de la balsa Inferior de Robres se ha realizado a partir de las necesidades calculadas en el Anejo 3 "Estudio Agronómico". Dado que la balsa se llena por gravedad desde el Canal de Monegros, se dispone de 24 h al día.

Como se ha indicado anteriormente, el caudal medio de llenado utilizado para el dimensionamiento de esta conducción sería el resultado del producto entre el caudal ficticio continúo adoptado (0,71 l/s y ha) y la superficie total de riego (1.783,54 ha), lo que supondría un caudal de 1.266 l/s.

Se ha proyectado una conducción que, partiendo de la nueva toma permitirá el transporte del caudal de diseño de dicha toma, hasta la balsa inferior.

La tubería de llenado se proyecta en PRFV con las siguientes características:

Material: .....PRFV

Diámetro nominal: ..... 1000 mm

Presión nominal: ..... 10 kg/cm^2

Rigidez SN: .....5 KN/m^2

Longitud: .....71 m

Formulación.

Para verificar la funcionalidad de este elemento, se determinó la pérdida de carga de esta conducción en el caso de que funcionara "en carga", mediante la fórmula de Darcy-Weisbach de expresión:

$$H_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g}$$

donde:

- Hf = Pérdida de carga en mca.
- f = Factor de fricción (adimensional).
- L = Longitud del tramo en m.
- D = Diámetro interior de la tubería en m.
- V = Velocidad de la tubería en m/s.
- g = Aceleración de la gravedad 9,8 m/s^2.

El factor de fricción se ha calculado por la fórmula de White Colebrook, de expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{2{,}51}{\mathrm{Re}\sqrt{f}} + \frac{Ka}{3{,}71D}\right)$$

donde:

- Re = Nº de Reynolds.
- Ka = Coeficiente de rugosidad absoluta. Se ha considerado Ka = 0,05 mm para las tuberías de PRFV.

La tubería de llenado vierte en un aliviadero invertido a una cota 0,6 m por debajo de la cota máxima de la balsa. Se calcula la capacidad de transporte de la tubería con balsa vacía o a cota media y con balsa llena. De esta forma, por balance de energía obtenemos los siguientes resultados:

Situación	Cota mínima inicio (solera canal)	Cota vertido	Caudal (l/s)	Longitud (m)	Velocidad (m/s)
Balsa vacía/nivel medio	386,2	385,4	2.073	71	2,64
Balsa llena	386,2	386	1.266	71	1,62

El desnivel existente en caso de balsa vacía o a cota media permite un transporte de caudal muy superior al de diseño por lo tanto la infraestructura permitirá transportar este caudal con holgura. En caso de balsa totalmente llena (a cota NAMO), el desnivel existente permite el transporte del caudal de diseño.

Así pues, la tubería de llenado será de PRFV DN 1000 con una longitud total de 71 m. El primer tramo bajo el camino de servicio del canal, así como el último bajo el camino de coronación de la balsa irán protegidos con una viga de hormigón.

El vertido de esta tubería en el vaso se realiza a través de un aliviadero invertido, tal y como se indica en el plano 09.08.

Como se ha indicado anteriormente, para el control del agua derivada se instalará un caudalímetro de ultrasonidos, en un punto en el que la cota de la generatriz superior de la tubería esté por debajo de la cota de vertido del aliviadero invertido, es decir, por debajo de la cota 385,4 msnm.

4.4 OBRA DE ENTRADA (ALIVIADERO INVERTIDO)

Tal y como se ha indicado con anterioridad en el punto de vertido en balsa se prevé una obra de entrada tipo aliviadero invertido, garantizando un vertido laminar sobre la lámina impermeabilizante de la balsa y minimizando la energía de entrada, y por tanto los posibles daños. La obra de entrada se proyecta a una cota intermedia de la balsa, con labio en la cota 365,4 msnm. El caudal de diseño para esta infraestructura será el caudal de entrada (1.266 l/s).

Los cálculos de este aliviadero invertido se recogen a continuación, mediante la siguiente expresión:

$$Q_i = 1{,}82 \cdot L \cdot (h)^{\frac{3}{2}}$$

donde h es la elevación de la lámina de agua sobre el labio vertiente del aliviadero y L la longitud de dicho labio vertiente.

A continuación, se recoge las características y el resultado de los cálculos realizados, para distintas longitudes de labio de vertido:

	Q (m^3/s)	L (m)	h (m)
Aliviadero invertido	1,27	8,00	0,15
	1,27	9,00	0,14
	1,27	10,00	0,13

La longitud del labio del aliviadero será de 9,00 m para una altura de lámina de agua de 0,14 m, en la situación de caudal máximo de diseño.

4.5 ALIVIADERO

Para el diseño y dimensionamiento de esta infraestructura se considerará como hipótesis de trabajo aquella en la que la balsa se encuentre a su máxima capacidad, es decir, la lámina de agua se encuentre en el Nivel de Almacenamiento Máximo Ordinario (en adelante NAMO), se esté derivando a la misma el caudal de llenado anteriormente indicado y, además, se esté produciendo en ese instante un episodio de lluvia torrencial.

Conocido el caudal de diseño, únicamente nos queda por determinar el caudal debido a la lluvia. Así, según el Manual Técnico Núm. 2 "Diseño y construcción de Pequeños Embalses" editado en 1.986 por el Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) se puede tomar como valor de la máxima precipitación horaria probable el 40 % de la máxima precipitación diaria correspondiente al mismo periodo de retorno.

Para calcular la máxima lluvia diaria para un periodo de retorno considerado de 50 años se ha utilizado la serie monográfica "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" del Ministerio de Fomento.

Así pues, se obtiene una lluvia máxima en una hora de 37,19 mm.

Superficie interior ..... 36.519 m^2

Lluvia considerada ..... 37,19 mm/h

Caudal a desalojar ..... 377 l/s

Teniendo en cuenta esto, el caudal considerado en este caso para el dimensionamiento del aliviadero será de 1.644 l/s, obtenido de la suma del caudal de llenado (1.266 l/s) y del caudal resultante de la lluvia considerada (377 l/s).

Los cálculos de este aliviadero se recogen a continuación, mediante la siguiente expresión:

$$Q_i = 1{,}82 \cdot L \cdot (h)^{\frac{3}{2}}$$

donde h es la elevación de la lámina de agua sobre el labio vertiente del aliviadero y L la longitud de dicho labio vertiente.

A continuación, se recoge las características y el resultado de los cálculos realizados, para distintas longitudes de labio de vertido:

	Q (m^3/s)	L (m)	h (m)
Aliviadero	1,644	8	0,23
	1,644	9	0,22
	1,644	10	0,20

Se adopta el criterio de considerar un labio de 9 m. de longitud, con lo que el Nivel de Almacenamiento Máximo Extraordinario (NAME) queda fijado con una altura de vertido de 0,22 m., es decir, a la cota 386,21 msnm.

La tubería que evacuará el agua de alivio será de Acero Helicosoldado DN 813 de 7,9 mm de espesor (en el primer tramo bajo el dique) y tras este tramo se inicia un tramo con tubería de PRFV DN 800 mm.

El vertido de esta tubería se realiza en un pequeño desagüe existente al Sur de la Balsa Inferior de Robres, tributario de un desagüe de mayor entidad, (D-46-6), cuya pendiente resulta favorable para el desagüe en caso necesario, tal y como se indica en el plano 09.10. En la obra de salida se instalará una reja que evite la entrada de animales a la balsa a través del aliviadero.

4.6 RESGUARDO

4.6.1 DETERMINACIÓN DEL NAMO

Denominaremos como NAMO al Nivel de Almacenamiento Máximo Ordinario, cuyo volumen de almacenamiento será el comprendido entre la cota de fondo de la balsa y el labio de vertido del aliviadero.

En este caso la altura de almacenamiento es de 5 m, con lo que la cota de Nivel de Almacenamiento Máximo Ordinario será 386 m.s.n.m.

4.6.2 DETERMINACIÓN DEL NAME

Denominaremos como NAME al Nivel de Almacenamiento Máximo Extraordinario, cuyo volumen de almacenamiento será el comprendido entre la cota de fondo de la balsa y la altura máxima de vertido sobre el labio de vertido del aliviadero.

El máximo caudal a aliviar tal y como se ha calculado anteriormente será de 1.644 l/s.

Para un labio de vertido de 9 m de longitud y un caudal máximo a evacuar de 1.644 l/s, obtendremos una altura máxima de vertido por encima del labio del aliviadero de 0,22 m aproximadamente. Por lo tanto, el NAME quedará definido en la cota 386,22 m.

4.6.3 DETERMINACIÓN DEL RESGUARDO Y COTA DE CORONACIÓN

La altura de coronación de la balsa quedará determinada por la cota del NAME más el resguardo que asegure que las olas, en el momento en que se produce el mencionado NAME, no salten por encima del dique.

Para la estimación del resguardo necesario se recomienda la utilización de la siguiente expresión empírica, en m:

$$h = 1{,}5 \times h1$$

$$h1 = 0{,}6 \times \sqrt[4]{L}\,;$$ siendo L el fetch en Km.

Considerando un valor del fetch de 257 m, siendo éste el valor de la mayor longitud de recorrido del viento en la lámina de agua, obtenemos un resguardo mínimo de 0,64 m.

Así pues, considerando la altura de vertido de agua sobre el labio de vertido del aliviadero, establecida en la cota 386,22 m obtenemos un resguardo efectivo respecto a esta situación de NAME de 0,78 m, superior al resguardo recomendado por la fórmula empírica mencionada anteriormente (0,64 m).

Por último, la cota de coronación quedará determinada en la cota 387 estando 1 metro por encima del NAMO.

4.7 TOMA DE FONDO

La toma de fondo está constituida por el tramo de conducción entre la balsa y la estación de bombeo de Robres.

Para el dimensionado de esta conducción, se considerará el caudal máximo de salida (caudal de bombeo a las Balsas Intermedia y Elevada), siendo de 1.736 l/s. Es recomendable que la velocidad de circulación del agua en el interior de la tubería de toma se encuentre comprendida entre 0,5 y 2 m/s.

La Toma de fondo estará formado por una tubería de DN1200, que será de acero helicosoldado en su primer tramo bajo el dique y de PRFV hasta la Estación de Bombeo.

Principales características de la toma de fondo

Los datos de la toma de fondo son en su tramo bajo el dique:

Material .....AH S235 JR

Diámetro 1219

Espesor .....10,3 mm

Longitud ..... 43 m

Caudal máximo .....1.736 l/s

Velocidad .....1,54 m/s

Pérdida de Carga .....0,039 m

Los datos de la toma de fondo son en su tramo hasta la EB:

Material ..... PRFV

Diámetro 1200

Presión nominal ..... 6 atm

Longitud ..... 107 m

Caudal máximo .....1.736 l/s

Velocidad .....1,54 m/s

Pérdida de Carga .....0,096 m

De esta forma, la pérdida de carga total de la conducción es de 0,134 m.

4.8 JAULA DE DESBASTE

Se diseña una jaula de desbaste de 1200 mm de diámetro y 1400 mm de altura, dejando un zócalo de 30 cm de zona no filtrante para retener posibles lodos.

Condiciones de diseño:

Caudal riego Gravedad:	1736,00	l/s
Caudal Bombeo:		l/s
Velocidad de paso referencia:	**1**	**m/s**

Superficie mínima requerida:

Gravedad:	1,736	m^2
Bombeo Directo:	0,000	m^2
	1,736	m^2
Ratio obturación:	70%	
Total superficie requerida:	**2,9512**	**m^2**

Diseño filtro:

Diámetro:	**1,2**	**m**
Altura Sup. filtrante:	1,1	m
Zócalo (zona no filtrante):	0,3	m
Altura TOTAL filtro:	**1,4**	**m**

Superficie total Bruta:

Área superior:	1,131	m^2
Área lateral:	4,147	m^2
Total Superficie Bruta:	5,278	m^2
Sup. BRUTA Diseño:	**4,147**	**m^2**

Superficie ocupada:

Separación pletinas verticales:	0,02	m
nº pletinas verticales:	189	uds
Espesor pletinas:	0,005	m
Separación barras horizontales:	0,3	m
nº barras horizontales:	4	uds
nº de barras por tramo:	2	uds
Espesor barras:	0,006	m
Sup. Ocupada por pletinas:	1,0395	m^2
Sup. Ocupada por barras:	0,181	m^2
Total superficie ocupada:	**1,040**	**m^2**
TOTAL SUPERFICIE NETA:	**3,107**	**m^2** **CUMPLE**
% Sup. Lateral libre:	74,93%	
Velocidad diseño:	Qmax	
Filtro limpio:	0,56	m/s
Con % de obturación:	0,95	m/s (0,7)

4.9 DESAGÜE DE FONDO

Por exigencia de la Subdirección General de Regadíos y economía del agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente se deberá dimensionar la infraestructura debe contar con desagüe de fondo y estar dimensionado para que el tiempo máximo de vaciado sea de 24 horas.

Tras el estudio de las diferentes opciones se concluye que la tubería del desagüe de fondo, con longitud 264 metros de longitud, con cota en punto de vertido 377 en el desagüe D-46-6 de la Confederación Hidrográfica del Ebro, que discurre al Oeste de la balsa, tendrá un desnivel de entre 9 y 4 m.

Atendiendo a este desnivel y la cota variación de la cota de lámina en la balsa se concluye que en una tubería DN 700 el vaciado se realizará en un tiempo ligeramente inferior a las 24 horas fijadas, por tanto, este será el diámetro elegido para el desagüe de fondo de la balsa.

A continuación, se recogen los tiempos de vaciado según nivel en balsa:

Cota lámina agua	Punto vertido desagüe fondo			Caudal medio	SUPERFICIE	SEMISUMA	VOLUMEN	Tiempo vaciado
	Vel (m/s)	Q (l/s)	Q (m3/h)	(m3/h)	(m2)	(m2)	(m3)	(h)
386	6,72	2586	9309,6		34.707,31			
385	6,32	2431	8751,6	9030,6	32.934,01	33820,66	33.820,66	3,75
384	5,89	2266	8157,6	8454,6	31.199,99	32067,00	32.067,00	3,79
383	5,40	2078	7480,8	7819,2	29.505,24	30352,62	30.352,62	3,88
382	4,90	1888	6796,8	7138,8	27.849,76	28677,50	28.677,50	4,02
381	4,37	1681	6051,6	6766,2	26.233,55	27041,66	27.041,66	4,00
						TOTAL	**51.959,43**	**19,43**

Para atender las necesidades de evacuación se plantea un tramo de acero helicosoldado 711x7,9 mm en la viga de fondo, y hormigón C90 DN 800 en el resto de la infraestructura.

4.10 RED DE DRENAJE

Para el dimensionamiento de las tuberías de drenaje, ante la imposibilidad de conocer los caudales a drenar, se han realizado varios tanteos con las pendientes disponibles y los diámetros, eligiendo los considerados suficientes. De manera general, se supone que si el caudal de drenaje de la balsa, es superior al 5% del caudal de llenado, la balsa se considera que no es funcional. En este caso, el caudal máximo de entrada es de 1.266 l/s, por lo que los drenajes deberían dimensionarse para una capacidad 63 l/s.

Debido a la impermeabilización proyectada en la balsa, se ha diseñado un drenaje repartido por toda la balsa, con el planteamiento de zonificar la balsa.

La red de drenaje consta de cuatro drenajes principales, 2 perimetrales y 2 centrales, de PVC ranurado DN 200 que permiten una sectorización de la balsa, los cuales vierten de forma individual a la arqueta correspondiente que, al ser registrable, permite ubicar las posibles fugas.

Estos drenajes confluyen en un único punto junto a la toma de fondo, en la parte interior de la balsa, para cruzar el dique de la balsa en cuatro tuberías, una por cada uno de los drenajes. Una vez cruzan la balsa, estas descargarán en la arqueta de desagüe de fondo. Desde dicha arqueta se proyecta una tubería de PVCO de DN250 PN10 que conectará con la tubería de desagüe descrita anteriormente. Se proyecta una válvula de seccionamiento que permitirá aislar la red de drenaje cuando se proceda al vaciado de la balsa a través de la tubería de desagüe.

Formulación.

Para el cálculo de las pérdidas de carga se ha recurrido a la fórmula de Manning, por considerarse como la más apropiada para estas condiciones de funcionamiento.

Los datos y resultados se expresan en las tablas siguientes, fijándose en los drenajes la pendiente mínima de diseño, pudiendo ser mayor la pendiente y por tanto disponiendo de mayor capacidad de evacuación. La pendiente real dependerá de la pendiente del fondo de la balsa y el punto de cruce del dique, planteándose que los drenajes acompañen el fondo de la balsa:

Tabla 3.- Capacidad de evacuación de los drenajes de la Balsa inferior de Robres

Material	**PVC-Ranurado**	**PVC-Ranurado**
Diámetro (mm)	200	200
Pendiente mínima	0,20%	0,5%
V (m/s)	0,8	1,27
Caudal (l/s)	19,75	31,24

En la anterior tabla vemos el caudal desalojado en función de la pendiente de los drenajes. En el caso de la balsa inferior de Robres, tendremos drenajes con una pendiente mínima de 0,20%. por lo que el caudal total que serán capaces de desalojar los 4 drenajes será de al menos 79 l/s (superior a los 63 l/s establecidos como máximo admisible)

4.11 CORONACIÓN

Para la determinación de la anchura de coronación se emplea la siguiente expresión:

$$W = Z/5 + 3;$$

Siendo Z = altura del dique (m.); Z = 6 m

W = anchura de coronación (m.); W = 4,2 metros

Se proyecta finalmente la anchura de coronación de 5,00 m, ya que las características del terreno permiten realizar una anchura de coronación mayor.

En la coronación se aplicará una capa de 0,20 m de zahorra natural compactada al 98% PM, con pendiente al exterior del 2% a fin de que haga la función de camino de servicio a lo largo de todo el perímetro.

4.12 CAPACIDAD

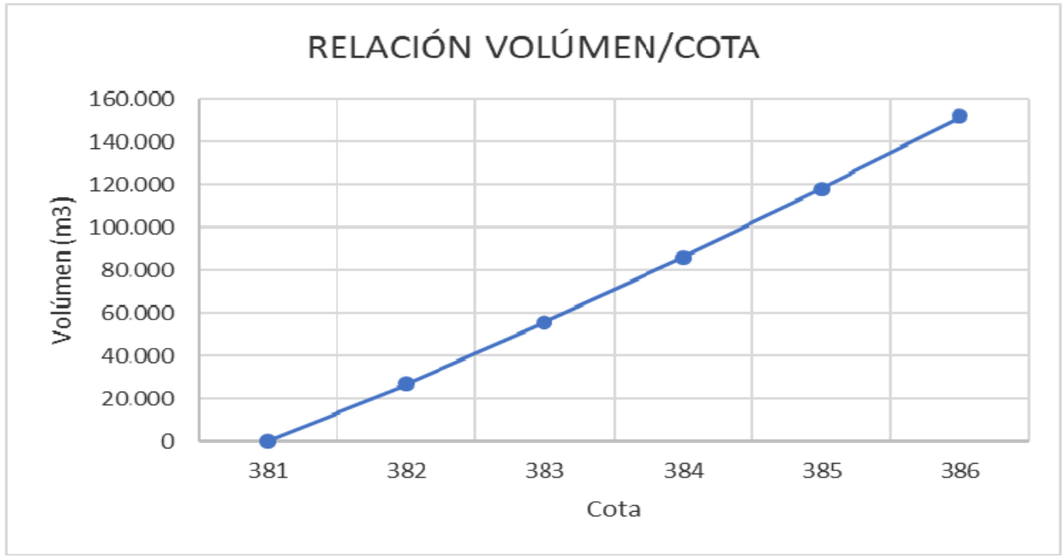
Para determinan la capacidad de la balsa se realiza la semisuma del producto resultante de la sección que posee la balsa interiormente por la diferencia de cota que existe entre dichas secciones.

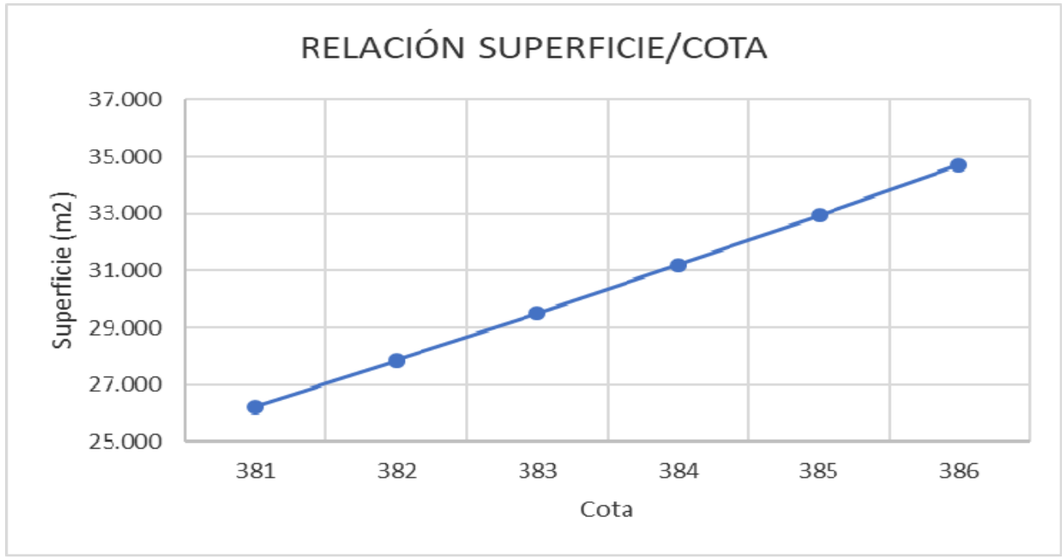
En la siguiente tabla, se muestra el resultado de dicha cubicación:

PERFIL	**COTA (m)**	**SUPERFICIE (m2)**	**SEMISUMA (m2)**	**DISTANCIA (m)**	**VOLUMEN (m3)**	**VOL. Acumulado (m3)**

1	381,00	26.233,55				0,00
2	382,00	27.849,76	27.041,65	1,00	27.041,65	27.041,65
3	383,00	29.505,24	28.677,50	1,00	28.677,50	55.719,15
4	384,00	31.199,99	30.352,62	1,00	30.352,62	86.071,77
5	385,00	32.934,01	32.067,00	1,00	32.067,00	118.138,77
6	386,00	34.707,31	33.820,66	1,00	33.820,66	151.959,43
			TOTAL NAMO			**151.959,43**

A continuación, se incorporan las gráficas volumen-cota y superficie-cota:





4.13 CÁLCULO DE LOS ANCLAJES DE LA LÁMINA DE PEAD

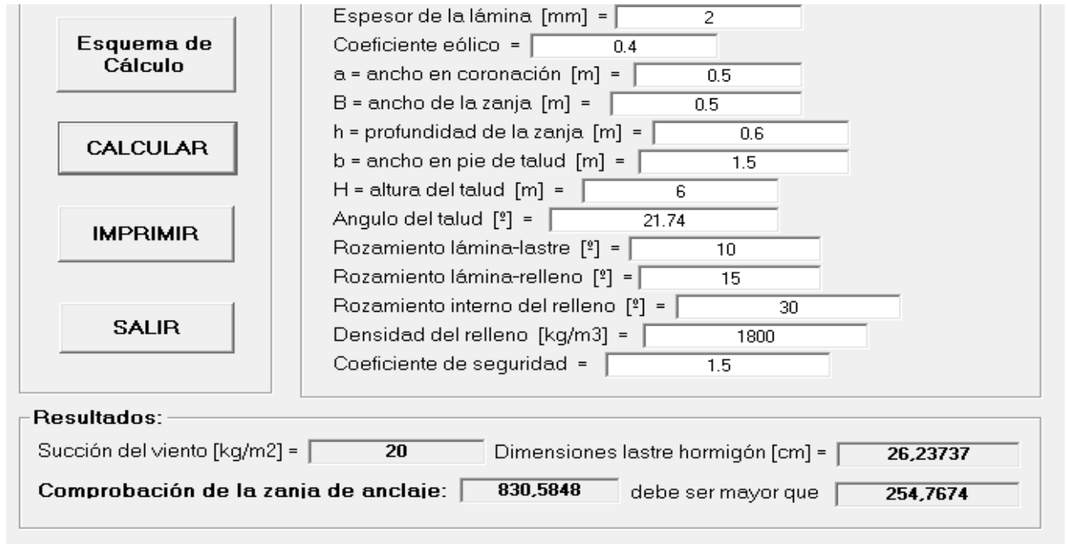
En este caso, los parámetros que definen la situación de la lámina son los mismos que en el caso de la Balsa Inferior de Robres

- Talud del dique: 2,5H : 1V
- Altura del dique: h = 6 m
- Calado de agua: c = 5 m
- Longitud del talud: l = 16,15 m

En proyecto se prevén sujeción en la cabeza del talud mediante zanja con material compactado y lastres de hormigón en laterales y fondo de balsa. En este momento se planteará simplificar los lastres dejando los previstos en cabecera y en el fondo.

4.13.1 SITUACIÓN NORMAL

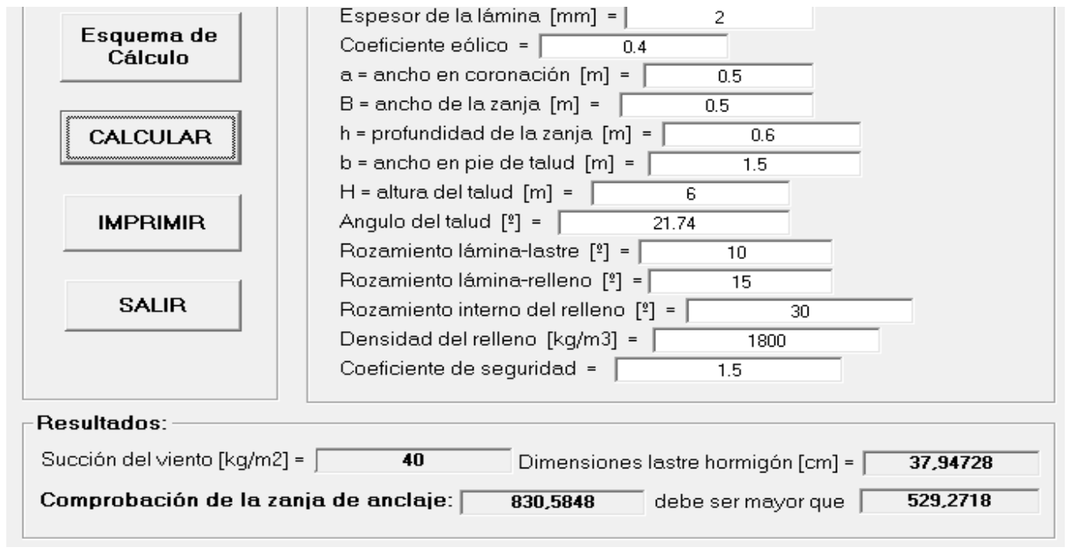
La situación normal corresponde a la balsa llena, situación predominante en este tipo de balsas. Los datos resultantes son:



Se requiere un dado de hormigón de 0,27 cm x 0,27 cm, que equivale a 172,04 Kg/ml. Teniendo en cuenta el peso de un bordillo tipo T2 (85 kg/ud) y el de un bordillo tipo T3 (117 kg/ud), se propone la instalación de 1 ud de bordillo T2 y 1 bordillo T3.

4.13.2 SITUACIÓN EXPUESTA

La situación expuesta corresponde a la balsa vacía, situación que tan solo se dará en la fase de montaje ya que en cualquier otra fase siempre habrá algo de agua en el vaso. Los datos resultantes son:



Para la situación expuesta con un coeficiente de seguridad de 1,5 y un coeficiente de viento alto se requiere un dado de hormigón de 0,38 cm x 0,38 cm, que equivale a 340,78 Kg/ml. Teniendo en cuenta el peso de un bordillo tipo T3 (117 kg/ud), se propone la instalación de 3 ud de bordillo T3.

4.13.3 PROPUESTA LASTRES.

En coronación sujeción mediante zanja con materiales compactos, con dimensiones acorde a lo definido en planos.

A pie de talud, instalación de 3 bordillos tipo T3, con un lastre total de 351 kg/m, para un máximo de cálculo de 340,78 kg/m correspondiente a la situación más expuesta o lastres con peso similar.

4.14 CLASIFICACIÓN DE LA BALSA

En relación a la tramitación, del registro y clasificación de la balsa inferior de Robres, podremos concluir que:

En el REAL DECRETO 9/2008, de 11 de enero, en el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, en su Artículo 367. Obligaciones del titular, se dice que los titulares de presas y balsas de altura superior a 5 metros o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m3, de titularidad privada o pública, existentes, en construcción o que se vayan a construir, estarán obligados a solicitar su clasificación y registro. En este caso la altura máxima del dique de la balsa es mayor de 5 m y una capacidad de 100.000 m^3, por lo tanto, se propone tramitar la clasificación de la misma.

Todo lo relacionado con la tramitación de la balsa Inferior de Robres se desarrolla en el Anejo 11 Análisis de riesgo y propuesta de clasificación, en el que queda suficientemente justificada la clasificación propuesta para la balsa estudiada de **Categoría C**.

4.15 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA INFERIOR DE ROBRES

Tabla resumen de las características técnicas de la balsa:

Cota de coronación (m)	387,00
Anchura de coronación (m)	5,00
Cota de fondo (m)	381,00
Cota de agua (N.A.M.O.) (m)	386,00
Altura de agua (N.A.M.O.) (m)	5,00
Cota de agua (N.A.M.E.) (m)	386,21
Volumen de agua (N.A.M.O.) (m3)	151.959,43
Resguardo sobre N.A.M.O. (m)	1,00
Superficie de fondo de balsa (m^2)	26.233,55
Perímetro fondo de balsa (m)	638,63
Superficie lámina de agua (N.A.M.O.) (m^2)	34.707,31
Superficie de coronación (m^2)	36.519,88
Perímetro arista de coronación (m)	732,88
Talud aguas arriba (interior)	2,5/1
Talud aguas abajo desmonte (exterior)	1/1
Talud aguas abajo terraplén (exterior)	2/1
Volumen de desmonte (m^3)	57.663,27
Volumen de terraplén (m^3)	50.479,23

5 BALSA INTERMEDIA ROBRES

La balsa intermedia de Robres se encuentra situada en el polígono 508 del término municipal de Robres, como puede verse en los planos 12.01 y 12.02. La balsa intermedia recibe el agua desde la estación de bombeo y abastece a la red baja de Robres.

5.1 ALIVIADERO

En este caso, tenemos los siguientes datos:

Superficie interior .....19.487 m^2

Lluvia considerada .....37,19 mm/h

Caudal a desalojar .....201 l/s

Teniendo en cuenta esto, el caudal considerado en este caso para el dimensionamiento del aliviadero será de 1.270 l/s, obtenido de la suma del caudal de llenado (1.069 l/s) y del caudal resultante de la lluvia considerada (201 l/s).

A continuación, se recoge las características y el resultado de los cálculos realizados, para distintas longitudes de labio de vertido:

	Q (m^3/s)	L (m)	h (m)
Aliviadero	1,270	5	0,27
	1,270	6	0,24
	1,270	7	0,22

Se adopta el criterio de considerar un labio de 6 m. de longitud, con lo que el Nivel de Almacenamiento Máximo Extraordinario (NAME) queda fijado con una altura de vertido de 0,24 m., es decir, a la cota 424,24 msnm.

La tubería que evacuará el agua de alivio será de Acero Helicosoldado DN 711 de 7,9 mm de espesor (en el primer tramo bajo del dique) y tras este tramo se inicia un tramo que se realiza con tubería de PRFV DN 700 mm.

El vertido de esta tubería se realiza una distancia de 136 m de la balsa, en una zona en la que la pendiente del terreno resulta favorable para el desagüe en caso necesario, tal y como se indica en el plano 12.09. En la obra de salida se instalará una reja que evite la entrada de animales a la balsa a través del aliviadero.

5.2 RESGUARDO

5.2.1 DETERMINACIÓN DEL NAMO

En el caso de la Balsa intermedia de Robres la altura de almacenamiento es de 7 m, con lo que la cota de Nivel de Almacenamiento Máximo Ordinario será 424 m.s.n.m.

5.2.2 DETERMINACIÓN DEL NAME

El máximo caudal a aliviar tal y como se ha calculado anteriormente será de 1.270 l/s.

Para un labio de vertido de 6 m de longitud y un caudal máximo a evacuar de 1.270 l/s, obtendremos una altura máxima de vertido por encima del labio del aliviadero de 0,24 m aproximadamente. Por lo tanto, el NAME quedará definido en la cota 424,24 m.

5.2.3 DETERMINACIÓN DEL RESGUARDO Y COTA DE CORONACIÓN

Considerando un valor del flech de 202 m, siendo éste el valor de la mayor longitud de recorrido del viento en la lámina de agua, obtenemos un resguardo mínimo de 0,60 m.

Así pues, considerando la altura de vertido de agua sobre el labio de vertido del aliviadero, establecida en la cota 424,24 m obtenemos un resguardo efectivo respecto a esta situación de NAME de 0,76 m, superior al resguardo recomendado por la fórmula empírica mencionada anteriormente (0,60 m).

Por último, la cota de coronación quedará determinada en la cota 425 estando 1,00 metros por encima del NAMO.

5.3 TOMA DE FONDO

La infraestructura de toma de fondo propiamente dicha de la balsa corresponderá con el punto de suministro a la red baja de Robres.

Para el dimensionado de la Toma de Fondo, se ha tenido en cuenta tanto el caudal de abastecimiento a la red de riego en la situación de diseño, como el caudal de bombeo. En este caso el caudal de cabecera para el funcionamiento de la red es 1.086 l/s y el caudal máximo de bombeo es de 1.069 l/s.

La Toma de Fondo estará formada por una tubería de acero helicosoldado con diámetro de 1016 mm y espesor de 10 mm, con un régimen de funcionamiento en carga, que unirá el fondo de la Balsa con la red de riego.

La cota de captación de la Toma de Fondo será de 417 msnm.

Pérdidas de carga

Los datos a considerar en el cálculo y dimensionamiento de las condiciones de servicio de esta Toma de Fondo son los siguientes:

Material .....AH S235 JR G2
Diámetro .....1016 mm
Espesor ..... 10 mm
Longitud ..... 58 m
Caudal máximo .....1.086 l/s
Velocidad .....1,38 m/s
Pérdida de Carga ..... 0,03 m

De esta forma, la pérdida de carga total de la conducción es de 0,05 m.

5.4 JAULA DE DESBASTE

Se diseña una jaula de desbaste de 1000 mm de diámetro y 1100 mm de altura, dejando un zócalo de 30 cm de zona no filtrante para retener posibles lodos.

JAULA TOMA FONDO.

Condiciones de diseño:

Caudal riego Gravedad:	1086	l/s
Caudal Bombeo:	1069	l/s
Velocidad de paso referencia:	**1**	**m/s**

Superficie mínima requerida:

Gravedad:	1,086	m^2
Bombeo Directo:	1,069	m^2
	1,086	m^2
Ratio obturación:	70%	
Total superficie requerida:	**1,84637**	**m^2**

Diseño filtro:

Diámetro:	**1**	**m**
Altura Sup. filtrante:	0,8	m
Zócalo (zona no filtrante):	0,3	m
Altura TOTAL filtro:	**1,1**	**m**

Superficie total Bruta:

Área superior:	0,785	m^2
Área lateral:	2,513	m^2
Total Superficie Bruta:	3,299	m^2
Sup. BRUTA Diseño:	**2,513**	**m^2**

Superficie ocupada:

Separación pletinas verticales:	0,02	m	
nº pletinas verticales:	158	uds	
Espesor pletinas:	0,005	m	
Separación barras horizontales:	0,3	m	
nº barras horizontales:	3	uds	
nº de barras por tramo:	2	uds	(Una en la cara interior y otra en la exterior, o dos en uno de los lados)
Espesor barras:	0,006	m	
Sup. Ocupada por pletinas:	0,632	m^2	
Sup. Ocupada por barras:	0,113	m^2	
Total superficie ocupada:	**0,632**	**m^2**	

TOTAL SUPERFICIE NETA:	**1,881**	**m^2**	**CUMPLE**		
% Sup. Lateral libre:	74,85%				
Velocidad diseño:	Qmax			Qmin:	
Filtro limpio:	0,58	m/s		0,57	m/s
Con % de obturación:	0,98	m/s	(0,7)	0,97	m/s

5.5 DESAGÜE DE FONDO

Por exigencia de la Subdirección General de Regadíos y economía del agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambienta se deberá dimensionar la infraestructura debe contar con desagüe de fondo y estar dimensionado para que el tiempo máximo de vaciado sea de 24 horas.

Tras el estudio de las diferentes opciones se concluye que la tubería del desagüe de fondo, con longitud 210 metros de longitud, con cota en punto de vertido 404 en la vaguada existente aguas abajo de la balsa, tendrá un desnivel de entre 13 y 20 m.

Atendiendo a este desnivel y la cota variación de la cota de lámina en la balsa se concluye que en una tubería DN 500 el vaciado se realizará en un tiempo inferior a las 24 horas fijadas, por tanto, este será el diámetro elegido para el desagüe de fondo de la balsa.

A continuación, se recogen los tiempos de vaciado según nivel en balsa:

Cota lámina agua	Punto vertido desagüe fondo			Caudal medio	SUPERFICIE	SEMISUMA	VOLUMEN	Tiempo vaciado
	Vel (m/s)	Q (l/s)	Q (m3/h)	(m3/h)	(m2)	(m2)	(m3)	(h)
424	9,44	1854	6674,4		18.165,73			
423	9,19	1804	6494,4	6584,4	16.883,65	17524,69	17.524,69	2,66
422	8,93	1754	6314,4	6404,4	15.640,84	16262,25	16.262,25	2,54
421	8,67	1702	6127,2	6220,8	14.437,30	15039,07	15.039,07	2,42
420	8,4	1649	5936,4	6031,8	13.273,03	13855,17	13.855,17	2,30
419	8,12	1594	5738,4	5837,4	12.148,03	12710,53	12.710,53	2,18
418	7,83	1537	5533,2	5635,8	11.062,30	11605,17	11.605,17	2,06
417	7,46	1465	5274	5403,6	10.015,85	10539,08	10.539,08	1,95
						TOTAL	**97.535,94**	**16,10**

Para atender las necesidades de evacuación se plantea un tramo de acero helicosoldado 508x6,4 mm en la viga de fondo, y hormigón C90 DN 500 en el resto de la infraestructura.

5.6 RED DE DRENAJE

En este caso, el caudal máximo de entrada es de 1065 l/s, por lo que los drenajes deberían dimensionarse para una capacidad máxima de un 5%, es decir 53 l/s.

La red de drenaje consta de cuatro drenajes principales, 2 perimetrales y 2 centrales, de PVC ranurado DN 200 que permiten una sectorización de la balsa. Los drenajes vierten de forma individual a la arqueta correspondiente que, al ser registrable, permite ubicar las posibles fugas.

Estos drenajes confluyen en un único punto junto a la toma de fondo, en la parte interior de la balsa, para cruzar el dique de la balsa en cuatro tuberías, una por cada uno de los drenajes. Una vez cruzan la balsa, estas descargarán en la arqueta de desagüe de fondo. Desde dicha arqueta se proyecta una tubería de PVCO de DN250 PN10 que conectará con la tubería de desagüe descrita anteriormente. Se proyecta una válvula de seccionamiento que permitirá aislar la red de drenaje cuando se proceda al vaciado de la balsa a través de la tubería de desagüe.

Formulación

Para el cálculo de las pérdidas de carga se ha recurrido a la fórmula de Manning, por considerarse como la más apropiada para estas condiciones de funcionamiento.

Los datos y resultados se expresan en las tablas siguientes, fijándose en los drenajes la pendiente mínima de diseño, pudiendo ser mayor la pendiente y por tanto disponiendo de mayor capacidad de evacuación. La pendiente real dependerá de la pendiente del fondo de la balsa y el punto de cruce del dique, planteándose que los drenajes acompañen el fondo de la balsa:

Tabla 1.- Capacidad de evacuación de los drenajes de la Balsa Intermedia de Robres

Material	PVC-Ranurado	PVC-Ranurado
Diámetro (mm)	200	200
Pendiente mínima	0,20%	0,5%
V (m/s)	0,8	1,27
Caudal (l/s)	19,75	31,24

En la anterior tabla vemos el caudal desalojado en función de la pendiente de los drenajes. En el caso de la balsa intermedia de Robres, tendremos drenajes con una pendiente mínima de 0,20%. por lo que el caudal total que serán capaces de desalojar los 4 drenajes será de al menos 79 l/s (superior a los 53 l/s establecidos como máximo admisible)

5.7 CORONACIÓN

Para la determinación de la anchura de coronación se emplea la siguiente expresión:

$$W = Z/5 + 3;$$

Siendo Z = altura del dique (m.); Z = 8 m

W = anchura de coronación (m.); W = 4,6 metros

Se proyecta finalmente la anchura de coronación de 5,00 m, ya que las características del terreno permiten realizar una anchura de coronación mayor.

En la coronación se aplicará una capa de 0,20 m de material granular Z30 compactada al 98% PM, con pendiente al exterior del 2% a fin de que haga la función de camino de servicio a lo largo de todo el perímetro.

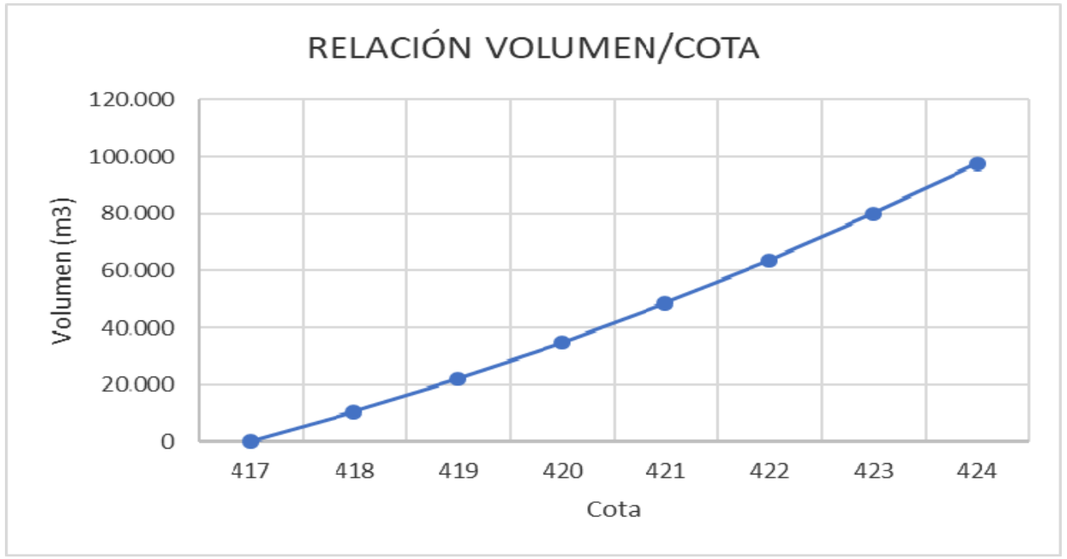
5.8 CAPACIDAD

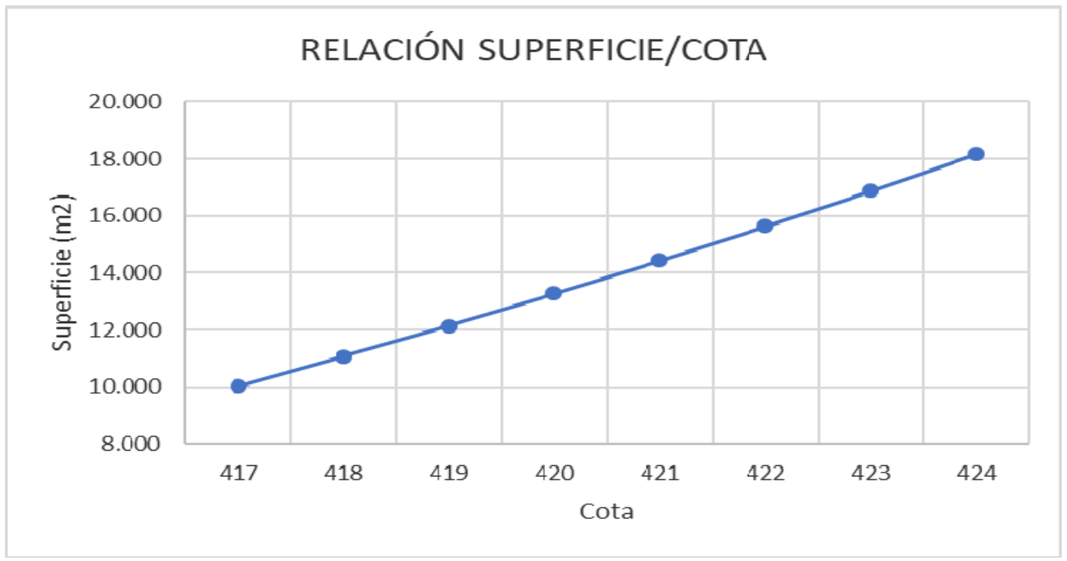
Para determinar la capacidad de la balsa, se realiza la semisuma del producto resultante de la sección que posee la balsa interiormente por la diferencia de cota que existe entre dichas secciones.

En la siguiente tabla, se muestra el resultado de dicha cubicación:

PERFIL	COTA (m)	SUPERFICIE (m2)	SEMISUMA (m2)	DISTANCIA (m)	VOLUMEN (m3)	VOL. Acumulado (m3)
1	417,00	10.015,85				0,00
2	418,00	11.062,31	10.539,08	1,00	10.539,08	10.539,08
3	419,00	12.148,04	11.605,17	1,00	11.605,17	22.144,25
4	420,00	13.273,04	12.710,54	1,00	12.710,54	34.854,79
5	421,00	14.437,31	13.855,17	1,00	13.855,17	48.709,96
6	422,00	15.640,84	15.039,07	1,00	15.039,07	63.749,04
7	423,00	16.883,65	16.262,25	1,00	16.262,25	80.011,28
8	424,00	18.165,73	17.524,69	1,00	17.524,69	97.535,98
			TOTAL NAMO			**97.535,98**

A continuación, se incorporan las gráficas volumen-cota y superficie-cota:





5.9 CÁLCULO DE LOS ANCLAJES DE LA LÁMINA DE PEAD

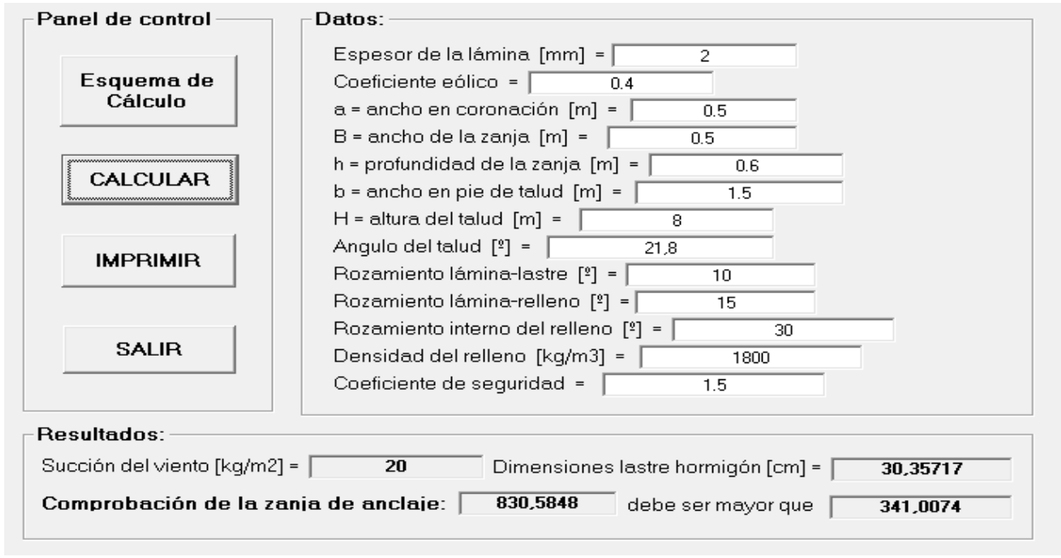
La Balsa Intermedia de Robres tiene una geometría que hace que la propuesta de lastres sea diferente a las anteriores. En este caso, los parámetros que definen la situación de la lámina:

- Talud del dique: 2,5H : 1V
- Altura del dique: h = 8 m
- Calado de agua: c = 7 m
- Longitud del talud: l = 21,54 m

En proyecto se prevén sujeción en la cabeza del talud mediante zanja con material compactado y lastres de hormigón en laterales y fondo de balsa. En este momento se planteará simplificar los lastres dejando los previstos en cabecera y en el fondo.

5.9.1 SITUACIÓN NORMAL

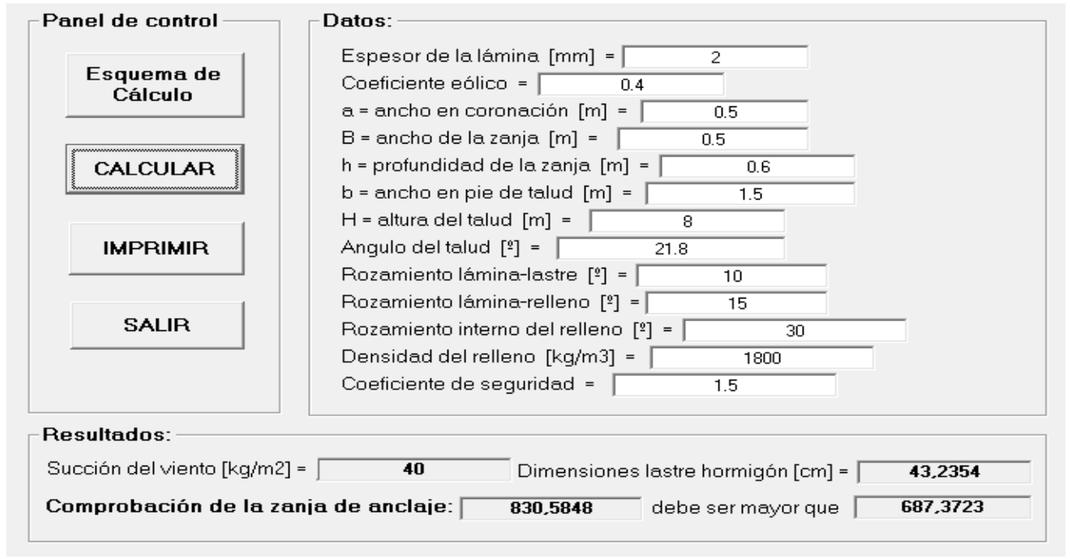
La situación normal corresponde a la balsa llena, situación predominante en este tipo de balsas. Los datos resultantes son:



Se requiere un dado de hormigón de 0,31 cm x 0,31 cm, que equivale a 226,79 Kg/ml. Teniendo en cuenta el peso de un bordillo tipo T2 (85 kg/ud), se propone la instalación de 3 ud de bordillo T2.

5.9.2 SITUACIÓN EXPUESTA

La situación expuesta corresponde a la balsa vacía, situación que tan solo se dará en la fase de montaje ya que en cualquier otra fase siempre habrá algo de agua en el vaso. Los datos resultantes son:



Para la situación expuesta con un coeficiente de seguridad de 1,5 y un coeficiente de viento alto se requiere un dado de hormigón de 0,44 cm x 0,44 cm, que equivale a 456,89 Kg/ml. Teniendo en cuenta el peso de un bordillo tipo T3 (117 kg/ud), se propone la instalación de 4 ud de bordillo T3.

5.9.3 PROPUESTA LASTRES.

En coronación sujeción mediante zanja con materiales compactos, con dimensiones acorde a lo definido en planos.

A pie de talud, instalación de 4 bordillos tipo T3 con un lastre total de 468 kg/m, para un máximo de cálculo de 457 kg/m correspondiente a la situación más expuesta o lastres con peso similar.

5.10 CLASIFICACIÓN DE LA BALSA

En relación a la tramitación, del registro y clasificación de la balsa intermedia de Robres, podremos concluir que:

En el REAL DECRETO 9/2008, de 11 de enero, en el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, en su Artículo 367. Obligaciones del titular, se dice que los titulares de presas y balsas de altura superior a 5 metros o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m3, de titularidad privada o pública, existentes, en construcción o que se vayan a construir, estarán obligados a solicitar su clasificación y registro. En este caso la altura máxima del dique de la balsa es mayor de 5 m y una capacidad de 100.000 m^3, por lo tanto, se propone tramitar la clasificación de la misma.

Todo lo relacionado con la tramitación de la balsa Inferior de Robres se desarrolla en el Anejo 11 Análisis del riesgo y propuesta de clasificación, en el que queda suficientemente justificada la clasificación propuesta para la balsa estudiada de **Categoría C**.

5.11 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA INTERMEDIA DE ROBRES

Tabla resumen de las características técnicas de la balsa:

Cota de coronación (m)	425,00
Anchura de coronación (m)	5,00
Cota de fondo (m)	417,00
Cota de agua (N.A.M.O.) (m)	424,00
Altura de agua (N.A.M.O.) (m)	7,00
Cota de agua (N.A.M.E.) (m)	424,24
Volumen de agua (N.A.M.O.) (m^3)	97.535,98
Resguardo sobre N.A.M.O. (m)	1,00
Superficie de fondo de balsa (m^2)	10.015,85
Perímetro fondo de balsa (m)	410.73
Superficie lámina de agua (N.A.M.O.) (m^2)	18.165,73
Superficie de coronación (m^2)	19.487,08
Perímetro arista de coronación (m)	536,39
Talud aguas arriba (interior)	2,5/1
Talud aguas abajo desmonte (exterior)	1/1
Talud aguas abajo terraplén (exterior)	1,5/1
Volumen de desmonte (m^3)	65.661,37
Volumen de terraplén (m^3)	45.524,43

6 BALSA ELEVADA ROBRES

La balsa elevada de Robres se encuentra situada en el polígono 3 del término municipal de Alcubierre, como puede verse en los planos 14.01 y 14.02. La balsa elevada recibe el agua desde la estación de bombeo y abastece a la red alta de Robres.

6.1 ALIVIADERO

En este caso, tenemos los siguientes datos:

Superficie interior 18.388 m2

Lluvia considerada ..... 37,19 mm/h

Caudal a desalojar ..... 190 l/s

Teniendo en cuenta esto, el caudal considerado en este caso para el dimensionamiento del aliviadero será de 857 l/s, obtenido de la suma del caudal de llenado (667 l/s) y del caudal resultante de la lluvia considerada (190 l/s).

A continuación, se recoge las características y el resultado de los cálculos realizados, para distintas longitudes de labio de vertido:

	Q (m^3/s)	L (m)	h (m)
Aliviadero	0,857	5	0,27
	0,857	6	0,24
	0,857	7	0,22

Se adopta el criterio de considerar un labio de 6 m. de longitud, con lo que el Nivel de Almacenamiento Máximo Extraordinario (NAME) queda fijado con una altura de vertido de 0,24 m., es decir, a la cota 439,28 msnm.

La tubería que evacuará el agua de alivio será de Acero Helicosoldado DN 610 de 6,4 mm de espesor (en el primer tramo bajo del dique) y tras este tramo se inicia un tramo de 76 m que se realiza con tubería de PRFV DN 600 mm.

El vertido de esta tubería se realiza en una zona en la que la pendiente del terreno resulta favorable para el desagüe en caso necesario, tal y como se indica en el plano 14.09. En la obra de salida se instalará una reja que evite la entrada de animales a la balsa a través del aliviadero.

6.2 RESGUARDO

6.2.1 DETERMINACIÓN DEL NAMO

En el caso de la Balsa superior de Robres la altura de almacenamiento es de 4,1 m, con lo que la cota de Nivel de Almacenamiento Máximo Ordinario será 439,1 m.s.n.m.

6.2.2 DETERMINACIÓN DEL NAME

El máximo caudal a aliviar tal y como se ha calculado anteriormente será de 857 l/s.

Para un labio de vertido de 9 m de longitud y un caudal máximo a evacuar de 857 l/s, obtendremos una altura máxima de vertido por encima del labio del aliviadero de 0,14 m aproximadamente. Por lo tanto, el NAME quedará definido en la cota 439,28 m.

6.2.3 DETERMINACIÓN DEL RESGUARDO Y COTA DE CORONACIÓN

Considerando un valor del flech de 178 m, siendo éste el valor de la mayor longitud de recorrido del viento en la lámina de agua, obtenemos un resguardo mínimo de 0,58 m.

Así pues, considerando la altura de vertido de agua sobre el labio de vertido del aliviadero, establecida en la cota 439,28 m obtenemos un resguardo efectivo respecto a esta situación de NAME de 0,72 m, superior al resguardo recomendado por la fórmula empírica mencionada anteriormente (0,58 m).

Por último, la cota de coronación quedará determinada en la cota 440 estando 0,90 metros por encima del NAMO.

6.3 TOMA DE FONDO

La infraestructura de toma de fondo propiamente dicha de la balsa corresponderá con el punto de suministro a la red alta de Robres.

Para el dimensionado de la Toma de Fondo, se ha tenido en cuenta tanto el caudal de abastecimiento a la red de riego en la situación de diseño, como el caudal de bombeo. En este caso el caudal de cabecera para el funcionamiento de la red es 711 l/s y el caudal máximo de bombeo es de 667 l/s.

La Toma de Fondo estará formada por una tubería de acero helicosoldado con diámetro de 813 mm y espesor de 7,9 mm, con un régimen de funcionamiento en carga, que unirá el fondo de la Balsa con la red de riego.

La cota de captación de la Toma de Fondo será de 435 msnm.

Pérdidas de carg

Los datos a considerar en el cálculo y dimensionamiento de las condiciones de servicio de esta Toma de Fondo son los siguientes:

Material ..... AH S235 JR G2

Diámetro ..... 813 mm

Espesor ..... 7,9 mm

Longitud ..... 38 m

Caudal máximo ..... 711 l/s

Velocidad ..... 1,42 m/s

Pérdida de Carga ..... 0,05 m

De esta forma, la pérdida de carga total de la conducción es de 0,05 m.

6.4 JAULA DE DESBASTE

Se diseña una jaula de desbaste de 800 mm de diámetro y 1000 mm de altura, dejando un zócalo de 30 cm de zona no filtrante para retener posibles lodos.

JAULA TOMA FONDO.

Condiciones de diseño:

Caudal riego Gravedad:	711	l/s
Caudal Bombeo:	667,00	l/s
Velocidad de paso referencia:	**1**	**m/s**

Superficie mínima requerida:

Gravedad:	0,711	m^2
Bombeo Directo:	0,667	m^2
	0,711	m^2
Ratio obturación:	70%	
Total superficie requerida:	**1,2087**	**m^2**

Diseño filtro:

Diámetro:	**0,8**	**m**
Altura Sup. filtrante:	0,7	m
Zócalo (zona no filtrante):	0,3	m
Altura TOTAL filtro:	**1**	**m**

Superficie total Bruta:

Área superior:	0,503	m^2
Área lateral:	1,759	m^2
Total Superficie Bruta:	2,262	m^2
Sup. BRUTA Diseño:	**1,759**	**m^2**

Superficie ocupada:

Separación pletinas verticales:	0,02	m	
nº pletinas verticales:	126	uds	
Espesor pletinas:	0,005	m	
Separación barras horizontales:	0,3	m	
nº barras horizontales:	3	uds	
nº de barras por tramo:	2	uds	(Una en la cara interior y otra en la exterior, o dos en uno de los lados)
Espesor barras:	0,006	m	
Sup. Ocupada por pletinas:	0,441	m^2	
Sup. Ocupada por barras:	0,090	m^2	
Total superficie ocupada:	**0,441**	**m^2**	

TOTAL SUPERFICIE NETA:	**1,318**	**m^2**	**CUMPLE**		
% Sup. Lateral libre:	74,93%				
Velocidad diseño:	Qmax			Qmin:	
Filtro limpio:	0,54	m/s		0,51	m/s
Con % de obturación:	0,92	m/s	(0,7)	0,86	m/s

6.5 DESAGÜE DE FONDO

Como en las balsas anteriores, se deberá dimensionar un desagüe de fondo para que el tiempo máximo de vaciado sea de 24 horas.

Tras el estudio de las diferentes opciones se concluye que la tubería del desagüe de fondo, con longitud 130 metros de longitud, con cota en punto de vertido 432 al inicio de la vaguada existente aguas abajo de la balsa. Tendrá un desnivel de entre 7,1 y 3 m.

Atendiendo a este desnivel y la cota variación de la cota de lámina en la balsa se concluye que en una tubería DN 500 el vaciado se realizará en un tiempo inferior a las 24 horas fijadas, por tanto, este será el diámetro elegido para el desagüe de fondo de la balsa.

A continuación, se recogen los tiempos de vaciado según nivel en balsa:

Cota lámina agua	Punto vertido desagüe fondo			Caudal medio	SUPERFICIE	SEMISUMA	VOLUMEN	Tiempo vaciado
	Vel (m/s)	Q (l/s)	Q (m3/h)	(m3/h)	(m2)	(m2)	(m3)	(h)
439,1	6,75	1326	4773,6		17.272,93			
438	6,19	1215	4374	4573,8	15.953,04	16612,98	18.274,28	4,00
437	5,63	1105	3978	4176	14.794,37	15373,70	15.373,70	3,68
436	5,00	982	3535,2	3756,6	13.674,97	14234,67	14.234,67	3,79
435	4,30	845	3042	3288,6	12.594,85	13134,91	13.134,91	3,99
						TOTAL	**61.017,57**	**15,46**

Para atender las necesidades de evacuación se plantea un tramo de acero helicosoldado 508x6,4 mm en la viga de fondo, y hormigón C90 DN 500 en el resto de la infraestructura.

6.6 RED DE DRENAJE

En este caso, el caudal máximo de entrada es de 665 l/s, por lo que los drenajes deberían dimensionarse para una capacidad máxima de un 5%, es decir 33 l/s.

La red de drenaje consta de cuatro drenajes principales, 2 perimetrales y 2 centrales, de PVC ranurado DN 160 que permiten una sectorización de la balsa. Los drenajes vierten de forma individual a la arqueta correspondiente que, al ser registrable, permite ubicar las posibles fugas.

Estos drenajes confluyen en un único punto junto a la toma de fondo, en la parte interior de la balsa, para cruzar el dique de la balsa en cuatro tuberías, una por cada uno de los drenajes. Una vez cruzan la balsa, estas descargarán en la arqueta de desagüe de fondo. Desde dicha arqueta se proyecta una tubería de PVCO de DN250 PN10 que conectará con la tubería de desagüe descrita anteriormente. Se proyecta una válvula de seccionamiento que permitirá aislar la red de drenaje cuando se proceda al vaciado de la balsa a través de la tubería de desagüe.

Formulación.

Para el cálculo de las pérdidas de carga se ha recurrido a la fórmula de Manning, por considerarse como la más apropiada para estas condiciones de funcionamiento.

Tabla 2.- Capacidad de evacuación de los drenajes de la Balsa Elevada de Robres

Material	PVC-Ranurado	PVC-Ranurado
Diámetro (mm)	160	160
Pendiente mínima	0,20%	0,5%
V (m/s)	0,69	1,09
Caudal (l/s)	10,98	15,9

En la anterior tabla vemos el caudal desalojado en función de la pendiente de los drenajes. En el caso de la balsa elevada de Robres, tendremos drenajes con una pendiente mínima de 0,20%. por lo que el caudal total que serán capaces de desalojar los 4 drenajes será de al menos 44 l/s (superior a los 33 l/s establecidos como máximo admisible)

6.7 CORONACIÓN

Para la determinación de la anchura de coronación se emplea la siguiente expresión:

$$W = Z/5 + 3;$$

Siendo Z = altura del dique (m.); Z = 5 m

W = anchura de coronación (m.); W = 4 metros

Se proyecta finalmente la anchura de coronación de 5,00 m, ya que las características del terreno permiten realizar una anchura de coronación mayor.

En la coronación se aplicará una capa de 0,20 m de zahorra natural compactada al 98% PM, con pendiente al exterior del 2% a fin de que haga la función de camino de servicio a lo largo de todo el perímetro.

6.8 CAPACIDAD

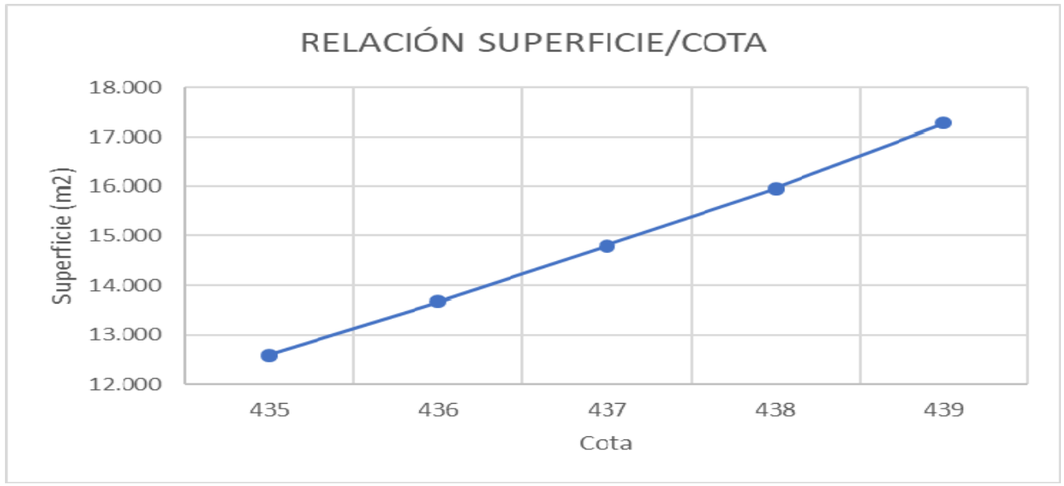
Para determinar la capacidad de la balsa, se realiza la semisuma del producto resultante de la sección que posee la balsa interiormente por la diferencia de cota que existe entre dichas secciones.

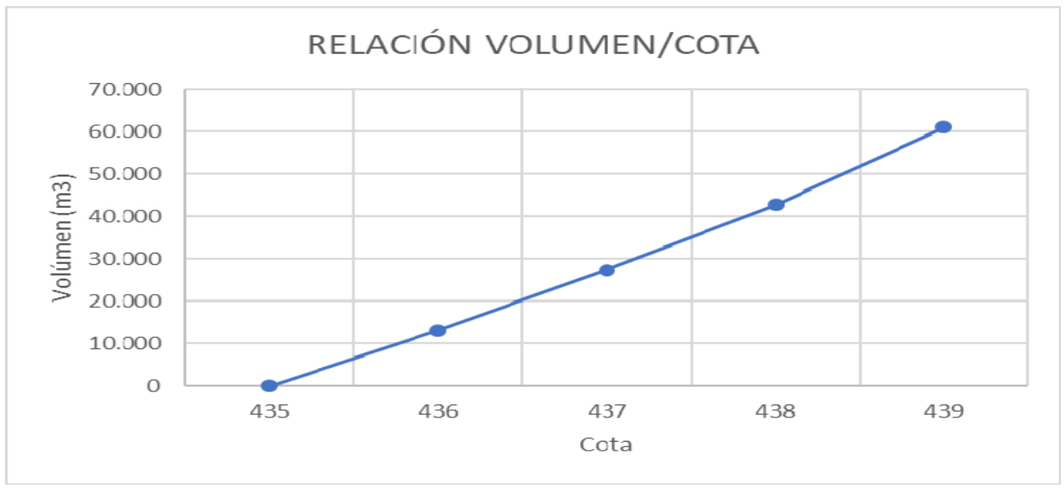
En la siguiente tabla, se muestra el resultado de dicha cubicación:

Tabla 3.- Capacidad de la Balsa elevada de Robres

PERFIL	COTA (m)	SUPERFICIE (m2)	SEMISUMA (m2)	DISTANCIA (m)	VOLUMEN (m3)	VOL. Acumulado (m3)
1	435,00	12.594,85				0,00
2	436,00	13.674,97	13.134,91	1,00	13.134,91	13.134,91
3	437,00	14.794,37	14.234,67	1,00	14.234,67	27.369,58
4	438,00	15.953,04	15.373,70	1,00	15.373,70	42.743,29
5	439,10	17.272,93	16.612,98	1,10	18.274,28	61.017,57
			TOTAL NAMO			**61.017,57**

A continuación, se incorporan las gráficas volumen-cota y superficie-cota:





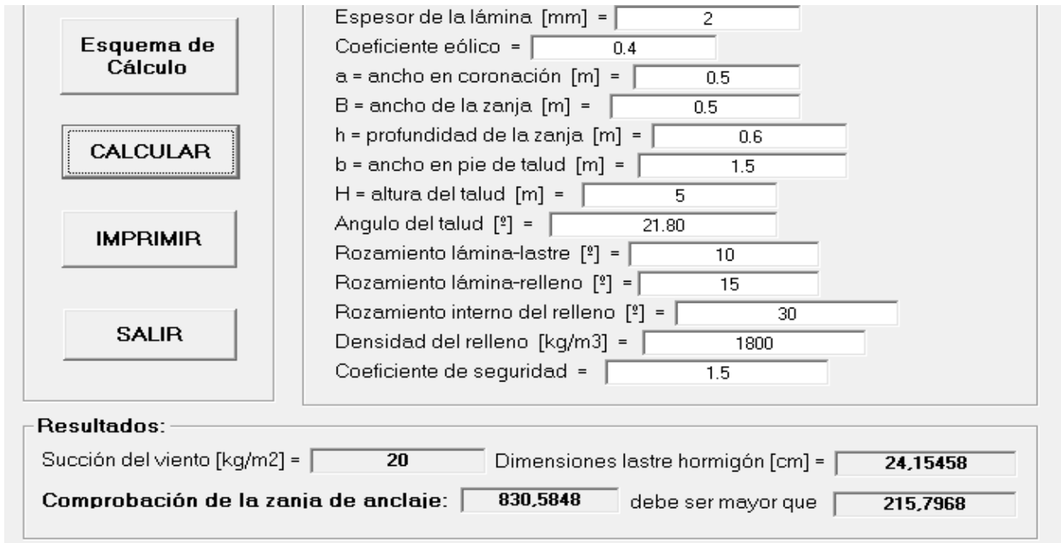
6.9 CÁLCULO DE LOS ANCLAJES DE LA LÁMINA DE PEAD

Los parámetros que definen la situación de la lámina en el caso de la Balsa elevada de Robres son los siguientes:

- Talud del dique: 2,5H : 1V
- Altura del dique: h = 5 m
- Calado de agua: c = 4,1 m
- Longitud del talud: l = 13,46 m

6.9.1 SITUACIÓN NORMAL

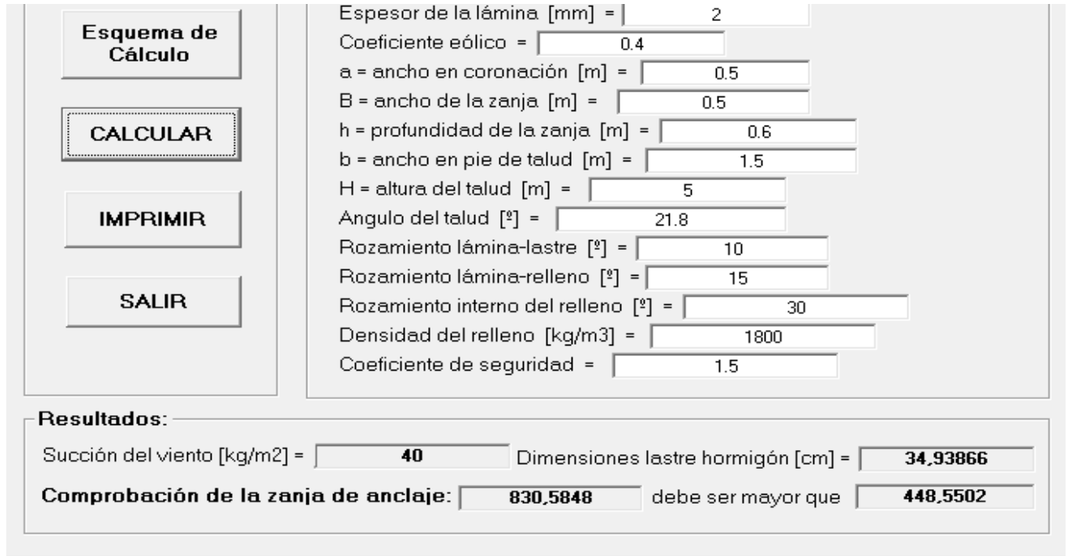
La situación normal corresponde a la balsa llena, situación predominante en este tipo de balsas. Los datos resultantes son:



Se requiere un dado de hormigón de 0,25 cm x 0,25 cm, que equivale a 147,50 Kg/ml. Teniendo en cuenta el peso de un bordillo tipo T2 (85 kg/ud), se propone la instalación de 2 ud de bordillo T2.

6.9.2 SITUACIÓN EXPUESTA

La situación expuesta corresponde a la balsa vacía, situación que tan solo se dará en la fase de montaje ya que en cualquier otra fase siempre habrá algo de agua en el vaso. Los datos resultantes son:



Para la situación expuesta con un coeficiente de seguridad de 1,5 y un coeficiente de viento alto se requiere un dado de hormigón de 0,35 cm x 0,35 cm, que equivale a 289,10 Kg/ml. Teniendo en cuenta el peso de un bordillo tipo tipo T2 (85 kg/ud), y un bordillo T3 (117 kg/ud), se propone la instalación de 2 ud de bordillo T3 y un bordillo T2.

6.9.3 PROPUESTA LASTRES.

En coronación sujeción mediante zanja con materiales compactos, con dimensiones acorde a lo definido en planos.

A pie de talud, instalación de 2 bordillos tipo T3 y 2 bordillo T2 con un lastre total de 319 kg/m, para un máximo de cálculo de 289 kg/m correspondiente a la situación más expuesta o lastres con peso similar.

6.10 CLASIFICACIÓN DE LA BALSA

En relación a la tramitación, del registro y clasificación de la balsa elevada de Robres, podremos concluir que:

En el REAL DECRETO 9/2008, de 11 de enero, en el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, en su Artículo 367. Obligaciones del titular, se dice que los titulares de presas y balsas de altura superior a 5 metros o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m3, de titularidad privada o pública, existentes, en construcción o que se vayan a construir, estarán obligados a solicitar su clasificación y registro. En este caso la altura máxima del dique de la balsa es mayor de 5 m y una capacidad de 100.000 m^3, por lo tanto, se propone tramitar la clasificación de la misma.

Todo lo relacionado con la tramitación de la balsa Inferior de Robres se desarrolla en el Anejo 11 Análisis del riesgo y propuesta de clasificación, en el que queda suficientemente justificada la clasificación propuesta para la balsa estudiada de **Categoría C**.

6.11 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BALSA ELEVADA

Tabla resumen de las características técnicas de la balsa:

Cota de coronación (m)	440,00
Anchura de coronación (m)	5,00
Cota de fondo (m)	435,00
Cota de agua (N.A.M.O.) (m)	439,10
Altura de agua (N.A.M.O.) (m)	4,10
Cota de agua (N.A.M.E.) (m)	439,30
Volumen de agua (N.A.M.O.) (m^3)	61.017,57
Resguardo sobre N.A.M.O. (m)	0.90
Superficie de fondo de balsa (m^2)	12.594,85
Perímetro fondo de balsa (m)	424,20
Superficie lámina de agua (N.A.M.O.) (m^2)	17.272,93
Superficie de coronación (m^2)	18.388,18
Perímetro arista de coronación (m)	502,74
Talud aguas arriba (interior)	2,5/1
Talud aguas abajo desmonte (exterior)	1/1
Talud aguas abajo terraplén (exterior)	1,5/1
Volumen de desmonte (m^3)	22.895,91
Volumen de terraplén (m^3)	22.326,26