

# BALSA GENERAL DE REGULACION EN LA COMUNIDAD DE USUARIOS DE AGUAS DE LA COMARCA DE NIJAR, EN EL PARAJE DEL JABONERO. T.M. DE NIJAR (Almería)

## (PROYECTO TÉCNICO)

### ANEJO Nº 11.- DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA BALSA

#### Lista de Revisiones anteriores

<i>Fecha</i>	<i>Revisión modificada</i>	<i>Causa de la modificación</i>
15/06/2022	00	Creación del documento
15/12/2022	01	Revisión de la OAP

#### Equipo Redactor

<b>REDACTADO:</b>  Antonio Carrillo Oller	<b>REVISADO Y APROBADO:</b>  Alejandro Carrillo del Aguila
---	--

# CONTENIDO

## 1.- DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS DE CONTROL

(D=800 a 600 mm) como desagüe de fondo

## 2.- NORMATIVA DE APLICACIÓN

9.4 Desagüe simultaneo por los dos conductos de desagüe

## 3.- CAPACIDAD DE LA BALSA. TUBERIAS DE ENTRADA Y SALIDA

3.1 Capacidad de la balsa

3.2 Caudal de diseño

## 4.- IMPERMEABILIZACIÓN

## 5.- DISEÑO DE ACCESOS Y URBANIZACIÓN DEL ENTORNO DE LA BALSA

5.1 Camino de coronación

5.2 Camino de acceso a la balsa

5.3 Espacios libres para mejora de labores de explotación y mantenimiento

## 10.- MOVIMIENTO DE TIERRAS

10.1 Objetivo del proyecto

10.2 Requisitos del diseño

10.3 Estabilidad de taludes

10.3.1 Resumen de los resultados del análisis de estabilidad

10.4 Movimiento de tierras, software de cálculo utilizado

10.5 Metodología de cálculo

10.6 Resultados del cálculo

10.7 Proceso constructivo

## 6.- DIMENSIONAMIENTO DEL ALIVIADERO

6.1 Dimensionamiento de las tuberías de desagüe del aliviadero

## 7.- DIMENSIONAMIENTO DEL RESGUARO DE CORONACIÓN

## 8.- DRENAJE

## 9.- DESAGÜE DE FONDO

9.1 Dimensionamiento del conducto independiente de desagüe de fondo, D=350 mm

9.1.1 Curvas características de la balsa y ley de desagüe

9.2 Desagüe de la balsa en situación normal, conducto con D=350mm

9.3 Desagüe en emergencia. Comprobación de la tubería de toma de la nueva balsa

## 1.- DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS DE CONTROL

El objeto del presente anejo es la determinación de todos los parámetros que intervienen en el dimensionamiento de los elementos funcionales de la balsa, tales como diámetro de las tuberías, tamaño del aliviadero, camino de coronación, resguardo, etc.

## 2.- NORMATIVA DE APLICACIÓN

De acuerdo al artículo 358 del Reglamento de Dominio Público Hidráulico, tendrán consideración de gran presa aquellas que cumplan, al menos una de las siguientes condiciones:

- Altura superior a 15 m, medida desde la parte más baja de la superficie general de cimentación hasta la coronación.
- Altura comprendida entre 10 y 15 m, siempre que tenga una capacidad de embalse superior a 1 Hm<sup>3</sup>.

Por otra parte, según el REAL DECRETO 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, quedan incluidas en el ámbito de aplicación de la seguridad de presas, embalses y balsas, además de todas las consideradas como gran presa, aquellas presas y balsas de altura superior a 5 metros o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m<sup>3</sup>, de titularidad privada o pública, existentes, en construcción o que se vayan a construir, estando obligados a solicitar su clasificación y registro.

En consecuencia, debemos de considerar la balsa que nos ocupa en este proyecto como una gran presa, dado que la altura desde coronación a la parte más baja de la cimentación es de 30 m.

## 3.- CAPACIDAD DE LA Balsa. TUBERIAS DE ENTRADA Y SALIDA

### 3.1 Capacidad de la balsa

En el anejo N° 4 “Estudio de necesidades”, se justifica el volumen necesario de balsa, con objeto de aumentar la capacidad de regulación actual y limitar, en parte, las restricciones que actualmente sufren los comuneros de la CUCN, en algunas épocas del año.

Del estudio del histórico de consumos que figura en el anejo y las previsiones de crecimiento de consumo de agua desalada se justifica una necesidad próxima a 955.000 m<sup>3</sup> de volumen en la nueva balsa. Finalmente, el diseño de la balsa arroja un volumen de la misma de 938.914 m<sup>3</sup>.

El agua entrará a la balsa por la parte inferior, conducido desde la arqueta de pie de balsa, a través del dique de cierre de la balsa, con una tubería de chapa de acero helicosoldado S275-JR, siendo sus diámetros 800 mm y su longitud de 151,54 m. La tubería de salida (toma de fondo) será paralela a la entrada y de las mismas características.

Desde el punto de conexión con la tubería existente hasta la arqueta a pie de balsa citada anteriormente, las conducciones de entrada-salida son de F.D. también con D=800 mm con una longitud de 325,55 m. Todo ello dimensionada para un caudal de diseño de 365 l/s.

En el anejo N° 9 “Cálculos hidráulicos” pueden verse los detalles de los cálculos correspondientes.

### 3.2 Caudal de diseño

La tubería de llenado de la balsa se ha dimensionado para un caudal de 365 l/s, que es el caudal máximo que podrá suministrarse de acuerdo a las presiones disponibles en el punto de conexión con la red de ACUAMED de las tuberías de llenado de la balsa. Un detalle de cálculo de este caudal puede consultarse en el anejo N° 9 “Cálculos hidráulicos”.

La tubería de salida (toma de fondo) se ha dispuesto del mismo diámetro que la de llenado, con objeto de no producir un estrangulamiento cuando se esté funcionando en modo Bypass, sin pasar el agua por la balsa, y directamente el agua que llega por la tubería de llenado se derive por la tubería de vaciado.

El tiempo de llenado de la balsa puede estimarse a partir del caudal de diseño en unos 29,77 días =  $(938.914 / 0,365) / 86.400$ .

El tiempo de vaciado dependerá de los consumos según la época del año. Puede estimarse este tiempo de vaciado teniendo en cuenta que la conexión con las demás balsas de la zona, desde las que se realiza la distribución a sectores de riego se realiza a través de tuberías con DN=600 mm, que están diseñadas para una velocidad en dichas tuberías próxima a 2 m/s. Con estos datos podemos aproximar un caudal medio de 565 l/s en vaciado, lo que supondría un tiempo de vaciado de unos 19,23 días =  $(938.914 / 0,565) / 86.400$ . Este es el tiempo que tardaría en vaciarse la nueva balsa si todo el suministro se realizase desde ella, considerando las demás vacías.

#### 4.- IMPERMEABILIZACIÓN

Toda la superficie de la solera, así como las paredes laterales irán protegidas con una lámina plástica de polietileno de alta densidad (PEAD) de 2 mm de espesor, soportada por lámina geotextil 320 g/m<sup>2</sup>. Dicha lámina irá anclada en la coronación, a lo largo de todo el perímetro de la balsa mediante una zanja de anclaje.

#### 5.- DISEÑO DE ACCESOS Y URBANIZACIÓN DEL ENTORNO DE LA BALSA

La nueva balsa se sitúa en una pequeña meseta que corona el denominado cerro de "Las Morlas", en el paraje del Jabonero. Este cerro está flanqueado al este por la Rambla de Las Palmilla y por el oeste la rambla de Inox, lo que facilita la evacuación de la posible rotura.

Dado que la balsa está realmente encastrada en el terreno sin sobresalir del mismo, y la configuración del paisaje hace que esté a una cota bastante más elevada que las ramblas y caminos próximos hará que pase bastante desapercibida, una vez se revegeten los taludes de la misma. Además, estos taludes al ser prácticamente paralelos al talud natural del cerro "Las Morlas" hará que parezcan un recrecido

natural del mismo, de forma que se mimeticen muy bien con el paisaje.

Por otra parte, al realizarse todos los rellenos con el mismo material excavado, no existirá contraste de colores de tierras una vez terminada la obra, como podría ocurrir si los terraplenes se realizasen con material de aportación externa.

#### 5.1 Camino de coronación

Teniendo en cuenta la estabilidad de los diques de la balsa que se recogen en el anejo Nº 7 "Geología y geotecnia" para una altura máxima de dique de 14,00 m, taludes interiores de 2,5H:1,00V y exteriores de 2,00H:1,00V, se ha adoptado una anchura de coronación de 6,00 m, y dado que existe un bordillo interior a modo de "botaolas" de anchura 0,50 m quedará útil una anchura de 5,50 m, suficiente para las necesidades normales de explotación.

Esta dimensión de 6,00 m también cumple con la anchura mínima de coronación que figura en el "Manual para el diseño y construcción, explotación y mantenimiento de balsas", publicado por el CEDEX:  $C_{min} = 3 + A/5 = 5,80$  m, siendo A=14,00 m.

La arista interior del camino de coronación tiene una longitud de 1.194,89 m, y la arista exterior, de 1.252,60 m. La longitud de coronación, como combinación entre ambas, resulta de 1.223,75 m.

Se dará un bombeo del 2% para verter las aguas hacia el talud exterior.

#### 5.2 Camino de acceso a la balsa

El acceso a la coronación de la balsa se realiza desde el camino de servicio de la actual tubería de ACUAMED, donde se situará la tubería de llenado de la nueva balsa. Desde el cruce de la tubería con la rambla de Inox, e inicialmente por el mismo camino de acceso a la balsa de ACUAMED, se ha proyectado un nuevo camino de acceso a la nueva balsa, adaptándose al terreno natural con desmontes en general inferiores a 0,5 m. excepto en la parte final donde existe un tramo corto con desmontes y terraplenes de unos 2,00 m.

Este camino de acceso con una longitud de 543,72 m presenta un perfil longitudinal con una primera pendiente de orden del 2 - 4% y un segundo tramo, a partir del P.K. 0+340, de un 20% de pendiente, con objeto de adaptarse lo máximo posible

al terreno natural y al talud de la nueva balsa. Se dará una pendiente de bombeo del 2% para drenaje.

La anchura del camino es de 6,00 m dotado con una cuneta lateral para drenaje y terminado con un tratamiento de zahorra artificial compactada.

### 5.3 Espacios libres para mejora de labores de explotación y mantenimiento

En el lado Norte de la balsa, en una longitud aproximada de 50 m. el camino de coronación se ha dotado de un sobreebanco adicional de unos 10 m, en principio no necesarios. El objetivo de este sobreebanco es doble: por una parte, equilibrar el volumen de tierras, de forma que, no sea necesario aporte de tierras fuera de la propia obra, y por otra parte dotar al camino de coronación de una zona de más anchura que sirva para facilitar el movimiento de maquinaria, acopio de materiales, etc. en las futuras labores de explotación y mantenimiento de la balsa.

## 6.- DIMENSIONAMIENTO DEL ALIVIADERO

En caso de entrada continuada de agua o de producirse un valor de máxima precipitación sobre la lámina de agua, se diseña un aliviadero en la coronación de la balsa, que consiste en una abertura rectangular en la parte superior del alzado del dique de cierre, que verterá a una arqueta donde se recogerá el agua y esta saldrá mediante dos tuberías (ver plano de detalle) de diámetro D=600mm.

El dimensionamiento del vertedero, con contracción lateral, se realiza con la fórmula de **Weissbach**.

$$Q = 2/3 \cdot \mu \cdot b \cdot h \cdot (2 \cdot g \cdot h)^{1/2}$$

Siendo:

- b : Ancho vertedero en m.
- h : Altura nivel agua sobre la arista vertedero en m.
- $\mu$  : Coeficiente de valor 0.575

Se dimensionará el vertedero para las siguientes hipótesis:

- Embalse lleno
- Entrada de agua, por los órganos de llenado, para el caudal de diseño=

365l/s

- Precipitación de lluvia sobre la propia balsa

### Caudal de llenado

Se han dimensionado las tuberías de llenado, para un caudal de 365 l/s, que es máximo que en condiciones normales de funcionamiento puede suministrar ACUAMED.

En el anejo Nº 9 “Cálculos hidráulicos” se realiza una justificación de este caudal en función del rango de presiones usuales en el punto de conexión previsto en el proyecto:

### Caudal de avenida

Estimaremos, inicialmente, este caudal a partir de las fórmulas propuestas por el CEDEX y recomendadas por la antigua Confederación Hidrográfica del Sur (hoy Cuenca Mediterránea Andaluza), en el Sureste de la Península, como formulas simplificadas para T=500 años, dependiente solo de la superficie y validas como una envolvente superior.

Para $S < 5 \text{ km}^2$	$Q = 20 \cdot S$
Para $5 < S < 20 \text{ km}^2$	$Q = 100/3 + 200 \cdot S/15$
Para $20 < S < 25 \text{ km}^2$	$Q = 45 \cdot S^{0,636}$
Para $S > 25 \text{ km}^2$	$Q = 65,54 \cdot S^{0,522}$

Una vez calculado el caudal por estas fórmulas, se comparará con el obtenido de acuerdo al método propuesto en el “Manual para el diseño y construcción, explotación y mantenimiento de balsa”, publicado también por el CEDEX.

Aplicando la anterior formula, correspondiente a cuencas de menos de 5 km<sup>2</sup>, en el Sureste de la península.

- $Q_{t=500}$  Caudal para periodo de retorno T=500 años

$$Q = 20 * S = 20 * 0,090162 = 1,803 \frac{m^3}{s}$$

Donde:

- S = Superficie de la balsa (km<sup>2</sup>)

De acuerdo al punto 8.1 del Anexo II, de las Normas Técnicas de Seguridad para Presas y sus Embalses, para el caso de presas de categoría A y materiales sueltos, el periodo de retorno para el caudal de avenida extrema será T=10.000 años.

Aplicaremos de fórmula de Fuller, como método de correlación entre caudales de diferentes periodos de retorno:

$$Q_T = Q_{T_1} \left( \frac{1 + 0,8 \log T}{1 + 0,8 \log T_1} \right)$$

Obteniendo finalmente para T=10.000 años:

$$Q_{T=10.000} = 2,397 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### Dimensionamiento del aliviadero

Dimensionaremos pues el vertedero para un caudal total,  $Q_t = 365 + 2.397 = 2.762$  l/s.

Se fija inicialmente el labio del aliviadero 1,00 m por debajo de la cota de coronación de la balsa, con objeto de cumplir con el mínimo de 1,00 m prescrito en el "Manual para el diseño y construcción, explotación y mantenimiento de balsas", publicado también por el CEDEX, y al mismo tiempo obtener el máximo volumen útil de la balsa. Por otra parte, se limita a 30 cm la sobrelevación máxima producida por el caudal anteriormente calculado; de esta forma quedaran todavía 70 cm para la sobrelevación producida por el oleaje.

Posteriormente se comprobará que con estos valores se cumple con las recomendaciones que para el resguardo prescribe el "Manual para el diseño y construcción, explotación y mantenimiento de balsa", antes citado.

Aplicando finalmente la fórmula de Weissbach, obtenemos que para una longitud de vertedero de 10,03 m y un calado de 0,30 m el caudal evacuado es de 2.799 l/s, ligeramente superior al caudal a evacuar.

A continuación del cajón de recogida del aliviadero, se colocarán 2 tuberías de PVC de D=600, en paralelo, hasta desaguar al cauce próximo, sin producir daños.

Comprobación con el método propuesto en el Manual para el diseño y construcción, explotación y mantenimiento de balsa, publicado también por el CEDEX

En el citado manual se propone un método conservador. En este método se supone que el caudal a desaguar por el vertedero ( $Q=Q_e+Q_p$ ) es igual a la suma del caudal de entrada por los órganos de llenado "Q<sub>e</sub>" más el caudal máximo producido por la lluvia sobre la superficie de la balsa, "Q<sub>p</sub>" para un periodo de retorno de T=500 años. Obtenida esta lluvia del mapa de "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" la precipitación máxima diaria  $P_{24h}^{500}$  mm de altura de agua  $\left(\frac{l}{m^2}\right)$

El procedimiento de cálculo propuesto en el Manual, supone que, para calcular el caudal Q<sub>p</sub>, toda el agua caída durante la lluvia se almacena en la balsa sin salir por el aliviadero (se obtendrán pues valores conservadores), de forma que: siendo b= ancho del aliviadero y h= calado que alcanza el agua sobre el labio del mismo, puede establecerse la siguiente ecuación.

$$1,7 \cdot b \cdot h^{3/2} = Q_e + 1,7 \cdot b \cdot (P_{24}^{500})^{3/2}$$

Consultando el Mapa de "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" se obtiene el valor del coeficiente de variación  $C_v=0,5$  y un valor de, precipitación media en 24 h, de 48 mm/día.



El valor de la Precipitación diaria máxima para cada Período de retorno (Pd) se obtiene mediante la expresión:

$$P_d = K_T \times \bar{P}$$

Cv	Periodo de retorno					
	5	10	25	50	100	500
0,30	1,194	1,377	1,625	1,823	2,022	2,541
0,31	1,198	1,385	1,640	1,854	2,068	2,602
0,32	1,202	1,400	1,671	1,884	2,098	2,663
0,33	1,209	1,415	1,686	1,915	2,144	2,724
0,34	1,213	1,423	1,717	1,930	2,174	2,785
0,35	1,217	1,438	1,732	1,961	2,220	2,831
0,36	1,225	1,446	1,747	1,991	2,251	2,892
0,37	1,232	1,461	1,778	2,022	2,281	2,953
0,38	1,240	1,469	1,793	2,052	2,327	3,014
0,39	1,243	1,484	1,808	2,083	2,357	3,067
0,40	1,247	1,492	1,839	2,113	2,403	3,128
0,41	1,255	1,507	1,854	2,144	2,434	3,189
0,42	1,259	1,514	1,884	2,174	2,480	3,250
0,43	1,263	1,534	1,900	2,205	2,510	3,311
0,44	1,270	1,541	1,915	2,220	2,556	3,372
0,45	1,274	1,549	1,945	2,251	2,586	3,433
0,46	1,278	1,564	1,961	2,281	2,632	3,494
0,47	1,286	1,579	1,991	2,312	2,663	3,555
0,48	1,289	1,595	2,007	2,342	2,708	3,616
0,49	1,293	1,603	2,022	2,373	2,739	3,677
0,50	1,297	1,610	2,052	2,403	2,785	3,738
0,51	1,301	1,625	2,068	2,434	2,815	3,799
0,52	1,308	1,640	2,098	2,464	2,861	3,860

Obteniendo finalmente para el periodo de retorno T=500 años:

$$P_{24h}^{500} = 3,738 \cdot 48 = 179,42mm$$

Iterando en la formula anterior para un calado máximo, sobre el labio del vertedero de 30 cm, obtenemos como anchura necesaria del aliviadero  $b = 2,43$  m, inferior al obtenido anteriormente estimando el caudal de lluvia por las fórmulas del simplificadas de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.

La gran diferencia de longitud de aliviadero obtenida por los dos métodos de cálculo: **10,03 m**, para el periodo de retorno de 10.000 años indicado en *Normas Técnicas de Seguridad para Presas* y los **2,43 m** obtenidos para el periodo de retorno de 500 años del método del “Manual para el diseño y construcción, explotación y mantenimiento de balsas” del CEDEX, se debe fundamentalmente esta diferencia al elevado valor del caudal obtenido por las fórmulas simplificadas del CEDEX, puesto que no tiene en cuenta el efecto laminador que produce el propio embalse sobre el caudal de salida por el aliviadero. Esta circunstancia del efecto laminador, sí se tiene en cuenta en el método del “Manual para el diseño y construcción, explotación y mantenimiento de balsas” del CEDEX, que parte de la precipitación en 24 horas para el periodo de retorno T = 500 años para dimensionar el aliviadero, junto al caudal de llenado de la balsa.

$$P_{24h}^{500} = 3,738 \cdot 48 = 179,42 \text{ mm} =$$

La precipitación  $P_{24h}^{500} = 179,42 \text{ mm}$ , extendida a toda la superficie del vaso (a la cota del labio del aliviadero,  $90.162 \text{ m}^2$ , durante el periodo de 24 horas equivale a un caudal medio de:

$$Q_m = \frac{0,17942 \cdot 90162}{24 \cdot 3600} = 0,187 \text{ m}^3/s$$

Vemos pues, la gran diferencia con el caudal calculado por la fórmula del CEDEX para T=10.000:

$$Q_{T=10.000} = 2,397 \text{ m}^3/s$$

Adoptaremos un valor intermedio, pero más bien próximo a este último. Teniendo en cuenta que, en nuestro caso no estamos realmente en una presa sino en una balsa

y no es preceptivo cumplir con el periodo de retorno  $T=10.000$  años que se cita en las *Normas Técnicas de Seguridad para Presas y sus Embalses*. Estimamos suficientemente seguro adoptar el valor de  $1,518 \text{ m}^3/\text{s}$  que es unas 8 veces superior al calculado con el método "Manual para el diseño y construcción, explotación y mantenimiento de balsas" del CEDEX.

Con estos valores, dimensionaremos el aliviadero para el caudal resultante del sumatorio entre el caudal de entrada a la balsa por la tubería de llenado y de la precipitación, previamente descrita:

$$Q_{max} = Q_e + Q_p = 0,365 + 1,518 = 1,883 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tomaremos pues finalmente para el aliviadero una longitud  $L = 6,75 \text{ m}$ , que con una sobreelevación máxima de  $h = 0,3 \text{ m}$  sobre el labio, en caso de avenida máxima extraordinaria, permitiría evacuar un caudal de  $Q_{max} = 1.883,27 \text{ l/s}$ , cumpliendo el establecido anteriormente ( $1,883 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y ligeramente superior al obtenido para  $T=500$  años, por la fórmula simplificada del CEDEX, para el caudal punta por lluvia ( $1,803 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

### 6.1 Dimensionamiento de las tuberías de desagüe del aliviadero

El agua captada por el cajón de recogida del aliviadero es conducida al cauce próximo, a través de dos tuberías de PVC paralelas, de  $D_{int} = 600 \text{ mm}$ , que finalmente desaguan a una arqueta construida con escollera hormigonada, donde el agua perderá su energía antes de ser entregada al cauce.

Comprobaremos que estas dos tuberías son suficientes para desaguar el caudal previsto de  $Q_t=1.883 \text{ l/s}$ . Esta comprobación lleva implícita la verificación de la capacidad ampliamente sobrada de las tuberías de desagüe para evacuar el caudal entrante al aliviadero en caso de avenida máxima extraordinaria de  $1.883,27 \text{ l/s}$ .

Para determinar las pérdidas de carga en la conducción utilizaremos la fórmula de Prandtl-Colebrook:

$$I = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Donde  $I$  es la pérdida de carga por unidad de longitud y  $\lambda$  está dado por la

ecuación:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{K_a}{3,71D} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right)$$

Las tuberías de desagüe del aliviadero tienen como cota de entrada  $268,65 \text{ m}$  y cota de salida  $242,40 \text{ m}$  correspondiente a la cota de rebosamiento de la arqueta de entrega al cauce, teniendo en cuenta que la longitud de la tubería es  $L=71,541 \text{ m}$ , obtenemos una pendiente hidráulica  $I = (268,65-242,40) / 71,541 = 0,3669$

Iterando con la fórmula de Prandtl-Colebrook, obtenemos que para un calado de  $0,18 \text{ m}$  correspondiente a un llenado de aproximadamente el 30% de la sección total, ya desagua el caudal  $Q=1883 \text{ l/s}$  con una velocidad de  $V=13,16 \text{ m/s}$ , lo que nos deja del lado de la seguridad al dejar, aproximadamente, un 70% de la sección libre.

En la sección de entrada a la tubería, resulta una altura crítica de  $0,57 \text{ m}$ . La altura de carga necesaria en la arqueta de recogida resulta ser de  $0,78 \text{ m}$ , con lo que la entrada al tubo con  $D=600 \text{ mm}$  será sumergida, y dado que el cajón de recogida tiene una profundidad de  $1,10 \text{ m} = \text{NMN} - Z_{entrada} = 269,75 - 268,65$ , estamos del lado de la seguridad y no se produce anegamiento del cajón.

La velocidad de salida obtenida, relativamente alta, no es posible evitarla dado la pendiente natural del terreno por donde discurre la tubería. No obstante, teniendo en cuenta que los vertidos por el aliviadero serán, por termino general, muy espaciados en el tiempo no es previsible desgastes de la tubería por motivo de la velocidad, por lo que podemos dar por válida la solución. La arqueta de entrega al final de la tubería construida con escollera hormigonada y con una amplia explanada de rebosamiento, también protegida con escollera garantizan la entrega al cauce sin producir daños.

## 7.- DIMENSIONAMIENTO DEL RESGUARO DE CORONACIÓN

El resguardo de seguridad resulta esencial puesto que constituye un elemento de protección frente al oleaje y en general, a subidas accidentales del agua, no se debe olvidar que los casos más graves de rotura se deben a desbordamientos por encima de coronación.

Se denomina resguardo (R) a la diferencia entre el nivel de agua de la balsa en una situación concreta y la coronación del dique de cierre de la balsa ( $Z_{cor}$ ). A los efectos de la definición de resguardo, se entenderá como cota de coronación la cota más elevada de la estructura resistente del cuerpo de la balsa.

El resguardo se define para las dos situaciones principales de la balsa:

a) Resguardo normal (RN): Es el relativo al Nivel Máximo Normal (NMN) o máximo puede alcanzar el agua de la balsa en un régimen normal de explotación. Este resguardo deberá ser igual o superior a la sobreelevación correspondiente al caudal de cálculo del aliviadero ( $r_1$ ) más la sobreelevación correspondiente al oleaje máximo ( $r_2$ ).

b) Resguardo mínimo (Rm): Es el relativo al Nivel Máximo Extraordinario (NME) o nivel correspondiente al caudal de cálculo del aliviadero. Este resguardo deberá ser superior a la sobreelevación correspondiente al oleaje máximo ( $r_2$ ).

A continuación, se procede a la comprobación del resguardo.

En nuestro caso, la altura más alta del dique, está 80 cm sobre la coronación de la presa (270,75 m.s.n.m.), debido a los 80 cm de la barrera New-Jersey que hace la función de botaolas. Dado que la anchura de este botaolas no supera el doble de su altura no se considerará a efectos de cómputo del resguardo.

Tomaremos esta cota,  $270,75 = Z_{\text{más alta del dique}}$ , para determinar los resguardos.

$$RN (m) = Z_{\text{más alta del dique}} - NMN > r_1 + 1,5 \cdot r_2$$

Siendo:

$$r_1 = NME - NMN = 0,30 \text{ m}$$

En el apartado anterior, de cálculo del aliviadero, se fijó este valor de  $r_1=0,30\text{m}$ , con objeto de cumplir lo exigido por “Manual para el diseño y construcción, explotación y mantenimiento de balsas” y dejar el máximo volumen útil de balsa.

$$r_2 = \text{Altura de ola (m)}$$

$$r_2 = 0,6 \cdot \sqrt[4]{F}$$

F: Fetch (Km.)

Se utiliza en esta expresión el factor 0,6 en vez del factor 1,2 que figura en el “Manual para el diseño y construcción, explotación y mantenimiento de balsas” por considerar que se adapta mejor a la pequeña extensión del Fetch de la balsa, y que el factor 1,2 sobreestimaría la altura de ola, a la vista de la experiencia en las balsas existentes de la CUCN en la zona. Además, hemos de tener en cuenta que la barrera New-Jersey colocada a modo de botaolas en la coronación de la balsa, no se ha tenido en cuenta en el cálculo por no ser un elemento resistente, pero evidentemente es una seguridad adicional a efectos de resguardo no tenida en cuenta en el cálculo.

Complementariamente, debe de realizarse la comprobación de que el resguardo mínimo tiene un valor suficiente mediante la expresión siguiente:

$$Rm (m) = Z - NME \geq 1,5 \cdot r_2$$

Además, el resguardo normal no debe ser inferior a 1 m.

Aplicando lo anterior tenemos:

La altura de ola se evalúa por la fórmula de Iribarren:

$$h = 0,6 \sqrt[4]{F}$$

Siendo:

h = Altura de la ola, en metros

F = Fetch (km). En nuestro caso adoptamos el valor de 0,345 km.

En nuestro caso:  $h = 0,6 \cdot \sqrt[4]{0,345} = 0,46 \text{ m}$

Por tanto:  $RN (m) = Z_{\text{más alta del dique}} - NMN > r_1 + 1,5 \cdot r_2$

Siendo:

$r_1 = NME - NMN = 270,05 - 269,75 = 0,30 \text{ m}$

$r_2 = \text{altura de ola} = 0,46 \text{ m}$

Luego

$RN (m) = Z_{\text{más alta del dique}} - NMN \geq r_1 + 1,5 \cdot r_2$

$RN (m) = 270,75 - 269,75 \geq 0,30 + 0,69 = 0,99$

$RN (m) = 1,0 \geq 0,99$

Complementariamente, la comprobación de que el resguardo mínimo tienen un valor suficiente, se puede realizar mediante:

$Rm (m) = Z_{\text{más alta del dique}} - NME \geq 1,5 \cdot r_2$

$Rm (m) = 270,75 - 270,05 \geq 1,5 \cdot 0,46$

$Rm (m) = 0,70 \geq 0,69$

Luego se adopta un resguardo normal hasta la cota de coronación de la balsa, sobre el Nivel Máximo Normal, de 1,00 m y un resguardo mínimo de 0,70 m.

Resumiendo:

Cota de coronación (cota más alta de la estructura)	270,75 m.s.n.m.
Cota NMN	269,75 m.s.n.m.
Cota NME	270,05 m.s.n.m.
Resguardo normal	1,00 m
Resguardo mínimo	0,70 m

## 8.- DRENAJE

Aun habiendo dispuesto un sistema de impermeabilización para la balsa, se estudian todas las posibilidades de paso del agua a través de ella, tanto en la filtración normal como en posibles defectos y averías, y se proyectan las disposiciones necesarias para que la evacuación de estas filtraciones se haga sin el menor peligro para la estabilidad del dique y sin posibilidad de arrastres.

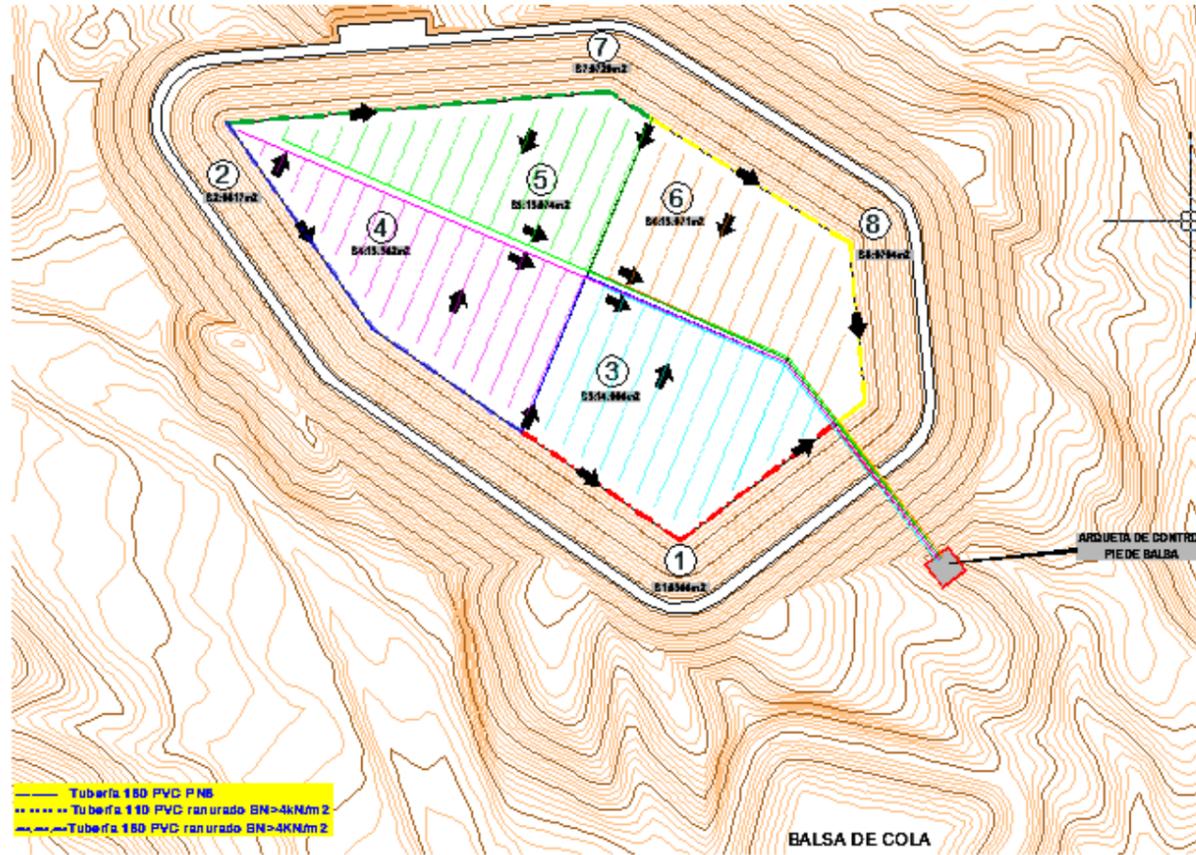
El sistema de drenaje bajo la lámina tendrá una doble finalidad:

- 1) Detectar posibles fugas en la lámina impermeabilizante.
- 2) Evitar posibles subpresiones de aguas bajo la lámina, cuando la balsa se encuentre vacía.

En el fondo de la balsa se proyecta un sistema de drenaje sectorizado cuyo diámetro será de 110 mm; en el fondo de los taludes el diámetro será de 160 mm y el material de fabricación PVC. Separadamente cada sector conducirá las posibles filtraciones hasta la caseta de válvulas, conjuntamente con las tuberías de desagüe, verterán, mediante tubería de PVC de diámetro 600 mm, a cauce público.

La red está dividida en 8 sectores, 4 para el fondo de la balsa y 4 para los taludes laterales. En un caso recogerán separadamente, los caudales proporcionados por los taludes mediante una tubería situada en la base de los mismos, sectorizados en cuatro tramos. Y en el caso del fondo, mediante cuatro redes de drenaje, para cuatro sectores diferentes, con separación de 12,5m, entre tuberías paralelas, y estructuradas en "espina de pez", conducirán las aguas filtradas a la caseta de válvulas.

En la imagen siguiente puede verse que los sectores 3, 4, 5 y 6 corresponde al fondo de la balsa y los sectores 1, 2, 7 y 8 corresponde al drenaje de los taludes de la balsa.



Resumen de superficies de sectores:

Sector	Superficie (m <sup>2</sup> )
1 Pie de talud	8.366
2 Pie de talud	9.187
3 Fondo	14.996
4 Fondo	13.362
5 Fondo	13.075
6 Fondo	13.971
7 Pie de talud	9.729
8 Pie de talud	9.794

Las tuberías se dimensionan bajo la hipótesis de una pérdida detectable en superficie de 5 a 10 mm/hora, según recomendaciones del "Manual para el Diseño y Construcción, Explotación y Mantenimiento de Balsas" (CEDEX). Dado el tamaño de nuestra balsa, parece demasiado conservador considerar una pérdida uniforme de 10mm/hora y consideraremos 5 mm/hora para nuestros cálculos.

Sabiendo que la superficie máxima de la lámina de agua, con la balsa llena a NMN

es de 90.162 m<sup>2</sup>, el caudal máximo a drenar será:

$$q \text{ (l/s)} = 90.162 \cdot 0.005 / 3,600 = 125,23 \text{ l/s.}$$

Los sectores del fondo de la balsa suman una superficie de 55.388 m<sup>2</sup> a los que corresponde un caudal de  $125,23 \cdot 55.388 / 90.162 = 76,93 \text{ l/s}$ , que debe de ser drenado por las tuberías que conforman los cuatro sectores del fondo de la balsa.

Los sectores de drenaje de los taludes de la balsa suman una superficie de 37.076 m<sup>2</sup>, a los que le corresponde un caudal de  $125,23 \cdot 37.076 / 90.162 = 48,30 \text{ l/s}$ , que debe de ser drenado por las tuberías que recogen los taludes de la balsa.

#### Dimensionamiento de los ramales del fondo de la balsa

El fondo de la balsa es drenado por los sectores 3, 4, 5, y 6, que están conformados en espina de pez, con un reparto aproximadamente uniforme, de forma que los ramales están separados unos 12,5 m y cada sector tiene 8 o 10 ramales. Tomaremos para dimensionar, como ramal más desfavorable, el más largo del sector 3, al que corresponde una superficie tributaria de  $S_e = 106 \cdot 12,5 = 1.325 \text{ m}^2$ .

El caudal a drenar por este ramal resulta ser  $q_d = 125,23 \cdot 1.325 / 90.162 = 1,84 \text{ l/s}$

Si calculamos, el caudal que es capaz de drenar la tubería propuesta de diámetro D=110mm, con una pendiente del 0,75%, obtenemos los siguientes resultados:

D (mm)	I (%)	V (m/s)	Q (l/s)
110	0,75%	0,88	7,26

Observamos que la tubería propuesta es capaz de transportar  $7,26 \text{ l/s} > 1,84 \text{ l/s}$  y por tanto es válida.

### Dimensionamiento de los ramales de pie de talud

Los taludes son drenados por la tubería colocada al pie de los mismos, que recogerá las filtraciones y mediante un circuito de tuberías por el pie de los taludes en el fondo de la balsa, conducirá estas aguas drenadas a la arqueta de pie de balsa.

El sector con el área tributaria más grande resulta ser el sector S3, con un área de 14.996 m<sup>2</sup>.

El caudal a drenar por la tubería que recoge este sector resulta ser  $q_d = 125,23 \cdot 14.996 / 90.162 = 20,83$  l/s

Si calculamos, el caudal que es capaz de drenar la tubería propuesta de diámetro D=160mm, con una pendiente del 0,75%, obtenemos los siguientes resultados:

D (mm)	I (%)	V (m/s)	Q (l/s)
160	0,75%	1,17	21,82

Observamos que la tubería propuesta es capaz de transportar 21,72 l/s > 20,83 l/s y por tanto es válida.

## 9.- DESAGÜE DE FONDO

El dimensionamiento del desagüe de fondo está condicionado por sus dos funciones fundamentales:

- Conseguir el vaciado de la balsa en situación normal en un tiempo prudencial que permita, en caso necesario, poder proceder sin mucha demora a su inspección, mantenimiento y trabajos de reparación.
- Permitir un vaciado rápido de la balsa en situación de emergencia.

En nuestro caso particular, los desagües de fondo están constituidos por dos conductos diferentes:

1º) Un conducto independiente (DN=350) y paralelo a los de toma y llenado de la balsa, que, desde el interior de ésta, conduce el agua a la arqueta de accionamiento manual de pie de balsa y después de romper carga en esta arqueta, es conducido mediante un segundo tramo de tubería hasta un cauce próximo. Este conducto es el proyectado para los desagües ordinarios en labores programadas de mantenimiento.

2º) El segundo conducto, (DN=800) que servirá también de desagüe de fondo, es el propio conducto de toma de vaciado de la balsa. En caso de emergencias también puede ser usado de desagüe de fondo, adicional al conducto citado en el punto anterior.

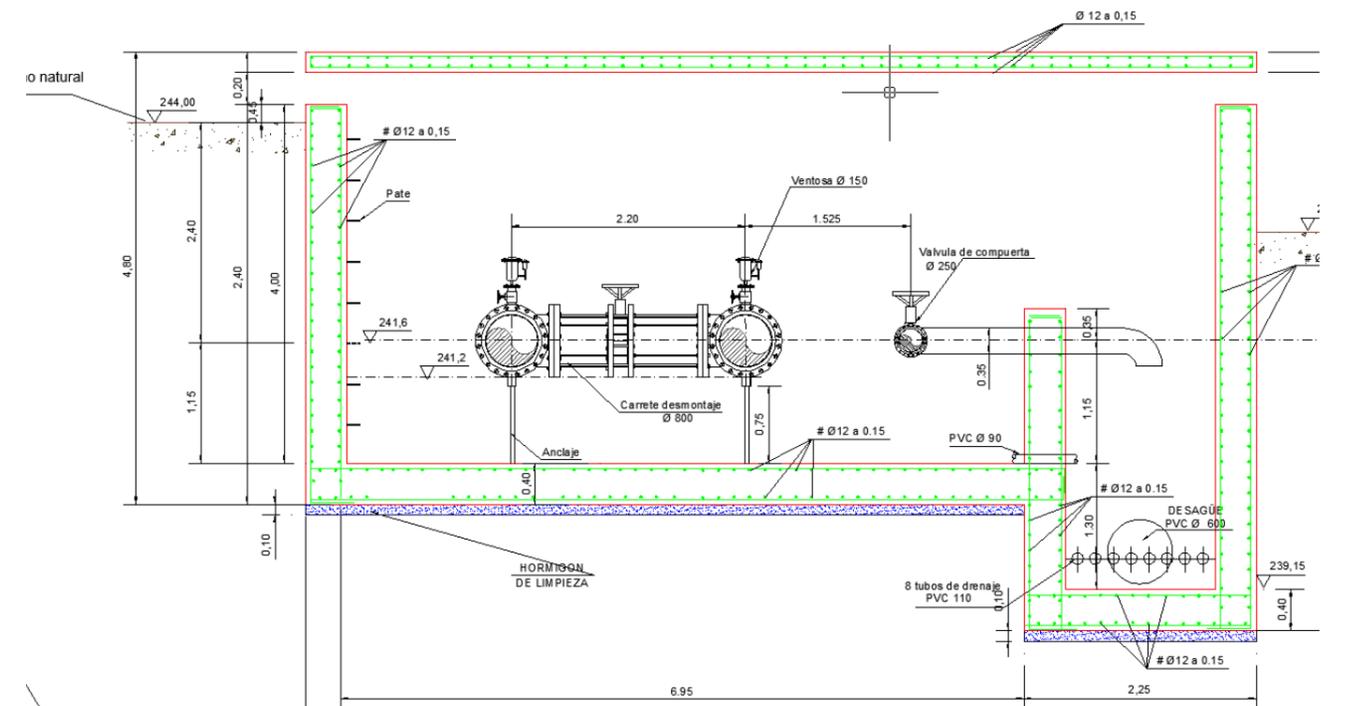
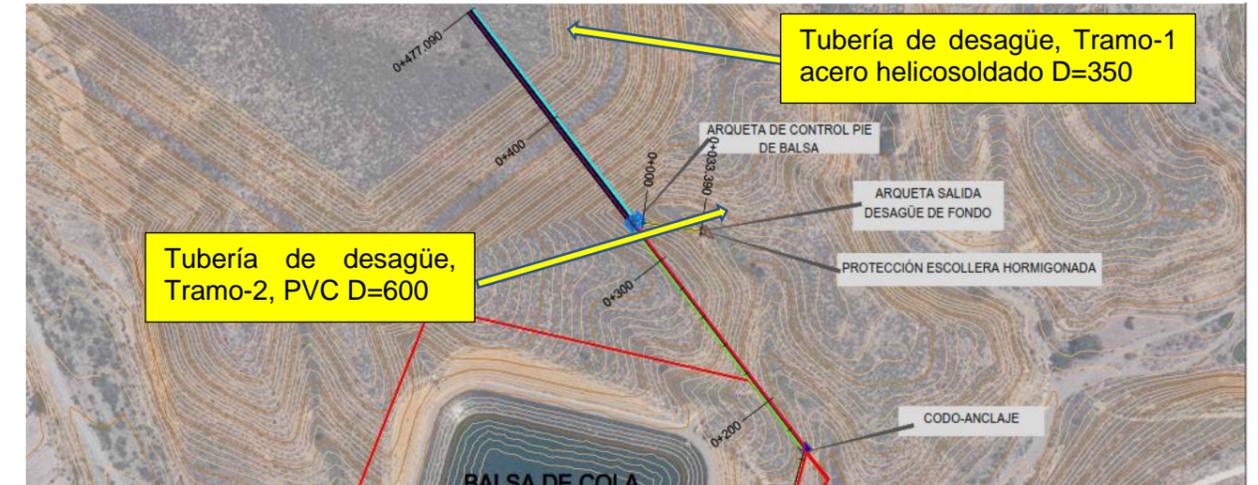
Este segundo conducto puede ser considerado como desagüe de fondo en virtud de estar conectado directamente a la tubería de salida de la balsa próxima de ACUAMED, desde la que se alimenta todo el sistema de distribución de riego de la zona IV, y por tanto está conectado con tuberías importantes desde las que se llenan ordinariamente las dos balsas existentes en este sector IV: Balsa de Jabonero y Balsa de La Serrata (Alpi). A estas balsas puede derivarse todo el caudal generado por el desagüe de fondo de la nueva balsa. Incluso si estas balsas estuviesen llenas, el agua aportada por el desagüe de la nueva balsa saldría por los aliviaderos de las balsas existentes o por sus propios desagües de fondo.

Además, claro está, que estas tuberías también están conectadas a los consumos de los regantes y podría tenerse en cuenta, este consumo de riego, en el momento de calcular el tiempo de vaciado de la nueva balsa, pero no se hará para estar del lado de la seguridad.

## 9.1 Dimensionamiento del conducto independiente de desagüe de fondo, D=350 mm

Este conducto está compuesto de dos tramos:

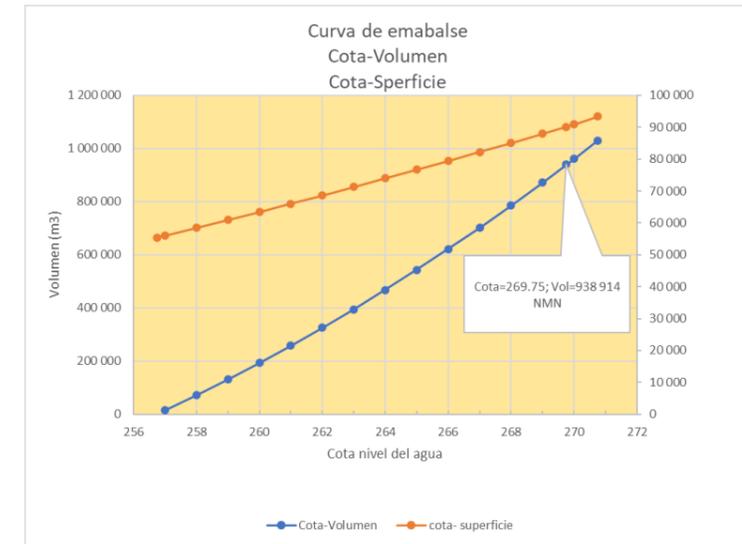
- Un primer tramo desde el interior de la balsa hasta la arqueta de maniobra manual a pie de balsa, con los siguientes elementos principales:
  - a) Rejilla de toma a la cota 256,25 + 0,5 m
  - b) Embocadura con abocinamiento y codo a 90°
  - c) Tubería acero helicosoldado DN-350 y con longitud L=151,54 m
  - d) Arqueta de maniobra a pie de balsa, cota inferior de la tubería de 241,20 m.s.n.m.
  - e) Entrega con codo de 90° a cámara de rotura de carga, en la arqueta citada anteriormente.
  
- Un segundo tramo, desde la arqueta de pie de balsa hasta un cauce público cercano, que conecta con la rambla de La Palmilla, con los siguientes elementos principales
  - a) Tubería de PCV DN-600 con una longitud de 33,39m desde la cámara de rotura de carga, con cota inicial de 239,15 m.s.n.m.
  - b) Arqueta de desagüe al cauce próximo, con protección de escollera hormigonada, con cota de salida de tubería de 236,891 m.s.n.m. y cota de rebosamiento de la arqueta y entrega al cauce de 237,391 m.s.n.m.





Z	Area	Vol. parcial	Vol. Acumulado	
256.75	55 388			
257	55 994	13 923	13 923	
258	58 444	57 219	71 142	
259	60 932	59 688	130 830	
260	63 459	62 196	193 025	
261	66 026	64 743	257 768	
262	68 632	67 329	325 097	
263	71 277	69 955	395 052	
264	73 962	72 620	467 671	
265	76 685	75 324	542 995	
266	79 448	78 067	621 062	
267	82 250	80 849	701 911	
268	85 091	83 671	785 582	
269	87 972	86 532	872 113	
269.75	90 162	66 800	938 914	NMN
270	90 892	22 632	961 545	
270.75	93 347	69 090	1 030 635	Coronacion
	<b>TOTAL</b>	<b>1030634.9</b>	<b>1 030 635</b>	

Unidades de cota en m.s.n.m., área en m<sup>2</sup> y volúmenes en m<sup>3</sup>.



A continuación, se expone la tabla correspondiente a la aplicación de la expresión anterior a toda la carrera de la balsa para un intervalo de 1 m.

<b>CALCULO DEL TIEMPO DE VACIADO DE LA Balsa</b>																
<b>DESAGUE DE FONDO</b>																
<b>Proyecto</b>																
PROYECTO DE NUEVA Balsa DE REGULACION EN LA COMUNIDAD DE USUARIOS DE AGUAS DE LA COMARCA DE NIJAR (Almería)																
<b>CARACTERISTICAS DE LA Balsa</b>																
Volumen de agua al Nivel de coronacion Vmax=	1030635 m3															
Volumen de agua al Nivel Maximo Normal Vo=	938914 m3															
Nivel Minimo de Explotacion (Zi)=	256.75 m3															
Nivel Maximo normal (Zs)=	269.75 m3															
Nivel Maximo coronacion (Zmax)=	270.75															
Maxima altura del agua (h)=	14.00 m3															
Decremento de altura por iteracion (Dz)=	1.00 m3															
<b>CARACTERISTICAS DEL DESAGUE DE FONDO</b>																
	<b>Tuberia 1 (hasta arqueta de rotura)</b>			<b>Tuberia 2</b>												
				hasta entrega en cauce	Lamina agua enArqueta/ cauce publico	Lamina de agua a la entrada de la tuberia 2										
Cota de desague ( Zd)=	241.2 m			236.891	0.5	239.15 m										
Diametro nominal del desague (DN)=	350 mm			600 mm												
Grueso de tuberia (e) =	10 mm			10 mm												
Diametro interior del desague (D)=	330 mm			580 mm												
Coficiente de perdidas a la salida (K)=	2 salida del deposito			2 salida a cauce												
Material de la tuberia de desague	AHE			PVC												
coeficiente de manning (n)=	0.013			0.010												
Longitud de la tuberia de desague (L)=	151.54 m			33.39 m												
Pendiente de la tuberia de desague (i)=	10.26% %			5.27% %												
<b>EVOLUCION VACIADO DE LA TUBERIA</b>																
														<b>Tiempo vaciado acumulado</b>		
	Altura del agua	Cota (m.s.n.m.)	Volumen Acumulado (m3)	Volumen Parcial (m3)	Perdidas a lo largo del conducto-1 (mca)	Perdidas a lo largo del conducto-2 (mca)	Veloc. de salida tuberia-1 m/s	Velo. de salida tuberia-2 m/s	Tuberia-2, a caudal lleno m3/s	Caudal desaguado m3/s	Validez de tuberia-2 Qll>Qdes	Tiempo vaciado parcial (s)	Tiempo vaciado acumulado	Dias	Horas	Minutos
	14.00	270.75	1030635	69090	27.81	1.33	5.841	2.891	0.79	0.500	VERDADERO	138284	138284	1	14	24
	13.25	270.00	961545	22632	27.10	1.33	5.767	2.888	0.79	0.493	VERDADERO	45884	184168	2	3	9
	13.00	269.75	938914	66800	26.87	1.33	5.742	2.888	0.79	0.491	VERDADERO	136023	320191	3	16	56
	12.25	269.00	872113	86532	26.16	1.33	5.666	2.885	0.79	0.485	VERDADERO	178563	498755	5	18	32
	11.25	268.00	785582	83671	25.22	1.34	5.563	2.881	0.79	0.476	VERDADERO	175851	674606	7	19	23
	10.25	267.00	701911	80849	24.28	1.34	5.458	2.876	0.79	0.467	VERDADERO	173183	847789	9	19	29
	9.25	266.00	621062	78067	23.34	1.34	5.351	2.872	0.79	0.458	VERDADERO	170561	1018349	11	18	52
	8.25	265.00	542995	75324	22.40	1.34	5.242	2.867	0.79	0.448	VERDADERO	167990	1186339	13	17	32
	7.25	264.00	467671	72620	21.46	1.34	5.131	2.862	0.79	0.439	VERDADERO	165473	1351812	15	15	30
	6.25	263.00	395052	69955	20.52	1.34	5.017	2.857	0.79	0.429	VERDADERO	163015	1514827	17	12	47
	5.25	262.00	325097	67329	19.58	1.34	4.901	2.852	0.79	0.419	VERDADERO	160624	1675450	19	9	24
	4.25	261.00	257768	64743	18.63	1.35	4.782	2.846	0.79	0.409	VERDADERO	158306	1833756	21	5	22
	3.25	260.00	193025	62196	17.69	1.35	4.659	2.840	0.79	0.399	VERDADERO	156070	1989827	23	0	43
	2.25	259.00	130830	59688	16.75	1.35	4.534	2.833	0.79	0.388	VERDADERO	153927	2143753	24	19	29
	1.25	258.00	71142	57219	15.81	1.35	4.405	2.826	0.79	0.377	VERDADERO	151888	2295642	26	13	40
	0.25	257.00	13923	13923	14.87	1.35	4.271	2.819	0.79	0.365	VERDADERO	38110	2333752	27	0	15
	0.00	256.75	0	0	14.64	1.35	4.238	2.817	0.79	0.362	VERDADERO	0	2333752	27	0	15
														Duracion 27.01 dias		

## 9.2 Desagüe de la balsa en situación normal, conducto con D=350mm

De la tabla anterior podemos concluir que para el tramo 1 de acero helicoidado DN350 las velocidades oscilan entre 4,238 m/s y 5,84 m/s, y para el tramo 2, tubería de PVC DN 600, entre 2,891 m/s y 2,817 m/s. Estas velocidades se pueden considerar admisibles dada la poca frecuencia con que se darán.

Se comprueba también que la capacidad de desagüe de la tubería del tramo-2, de PVC DN600 es de  $Q=0,79 \text{ m}^3/\text{s}$ , superior al caudal a desaguar, oscilante entre  $0,36 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Esto nos asegura que el murete de altura 1,50 m previsto en la arqueta de maniobra a modo de separación entre la zona de válvulas y la zona de desagüe no será rebasado.

Se puede comprobar además que la tubería del tramo-2, para el caudal máximo a evacuar  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , con una pendiente media de 5,27%, funciona en régimen de lámina libre con un tirante de 0,214 m, funcionando en régimen rápido, con una altura crítica en el inicio de la tubería de 0,46 m, y con una altura de carga necesaria de 0,794 m, muy inferior a la profundidad de la arqueta en el cajón de recogida  $2,80 = 1,30+1,50$ , lo que verifica que estamos del lado de la seguridad.

En cuanto al tiempo de vaciado de la balsa completa, se obtiene como suma de los tiempos parciales correspondientes a cada metro. Teniendo en cuenta solo el conducto independiente, de 350 mm el resultado es de aproximadamente 27 días, y aun considerando el vaciado desde la cota 269,75 m.s.n.m. (labio del aliviadero), el tiempo es de 23 días y 31 horas, que hemos de considerar excesivamente largo; sin embargo, acortar este tiempo supondría aumentar en exceso las velocidades en las válvulas de corte, que ya superan ligeramente los 5 m/s, máximo recomendado en la literatura técnica. Aunque hemos de tener en cuenta que estas velocidades, realmente solo se darán en situaciones poco frecuente, las labores de mantenimiento son labores quinquenales o más bien decenales.

No obstante, hemos de tener en cuenta que, para los vaciados programados, lo usual es realizarlos a través del consumo ordinario del riego y solo el último o los últimos metros vaciarlos a través de los desagües de fondo, al objeto de minimizar los vertidos innecesarios.

Para este caso vemos, en la tabla anterior, que para los últimos 2,25 metros

de balsa solo tardarían en vaciarse aproximadamente 2 día y 5 horas y las velocidades en las válvulas (Tramo-1) estarían en el entorno de los 4,27 m/s y en el Tramo-2 en el entorno de 2,81 m/s y esta última velocidad tras amortiguarse en el cajón de mampostería hormigonada, de la arqueta de entrega, permite una incorporación del agua en el cauce a baja velocidad sin producir afecciones. Valores de velocidad que pueden considerarse admisibles.

Determinaremos a continuación el plazo que se tardaría en desaguar la mitad del volumen de la balsa exclusivamente por este solo conducto independiente de DN350. Realizaremos esta primera determinación para comprobar posteriormente que, considerando los dos conductos de desagüe de fondo funcionando a la vez, se puede desaguar la mitad de la balsa en un plazo razonable y sin velocidades excesiva.

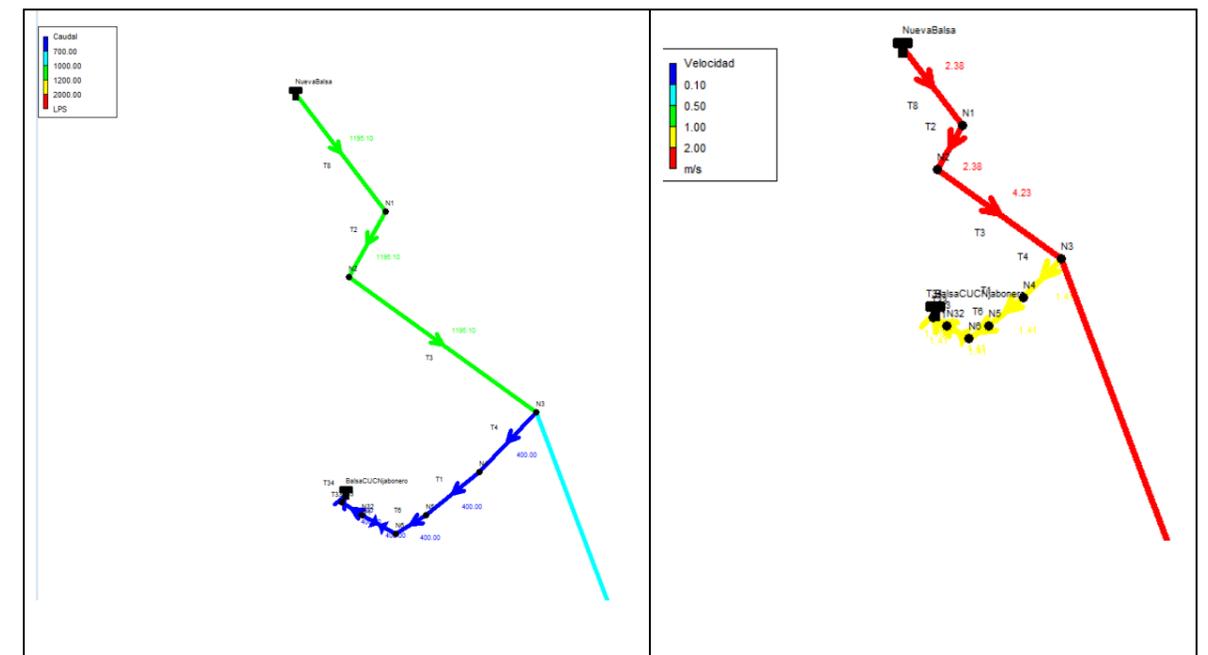
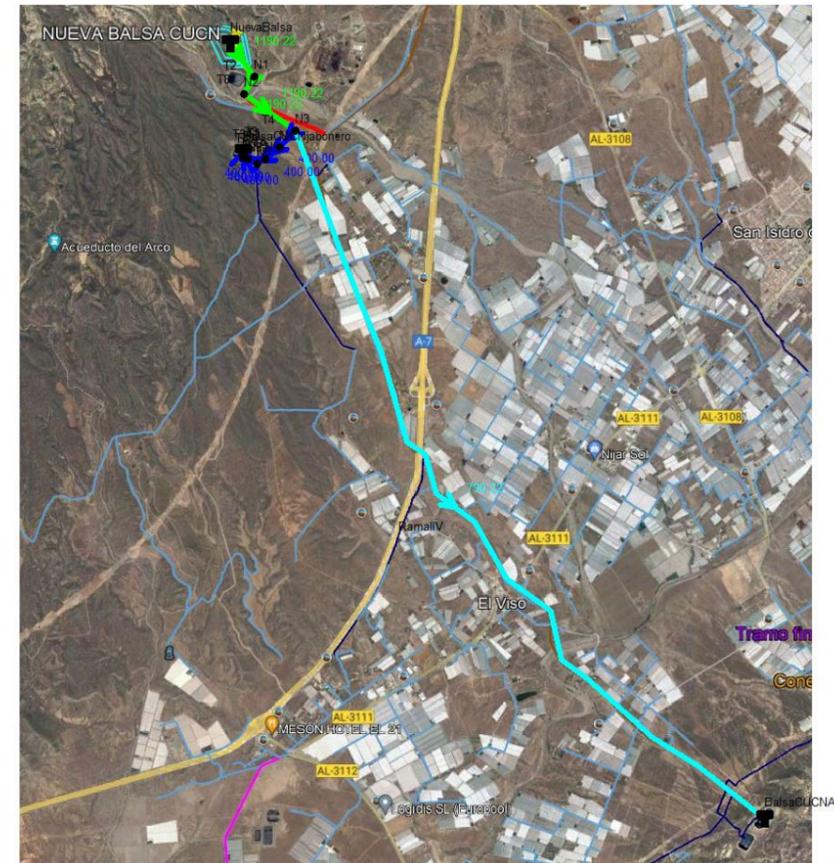
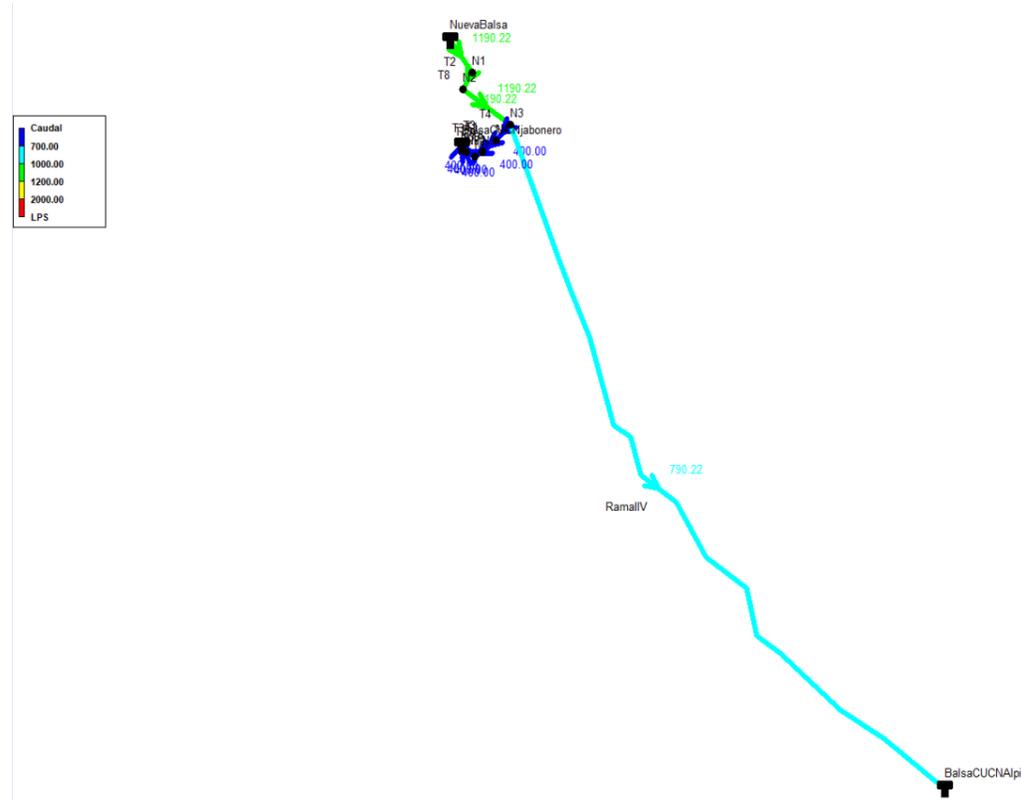
Observando la tabla anterior obtenemos que, con la lámina de agua a la cota 269,75 m.s.n.m. (labio del aliviadero) le corresponde un volumen de  $938.914 \text{ m}^3$ , y a la cota 264,00 m.s.n.m. le corresponde un volumen almacenado de  $467.671 \text{ m}^3$ , con lo que desaguando desde la cota 269,75 a la cota 264,00 habremos desaguado un volumen de  $471.242 \text{ m}^3$ , es decir un 50,19%. En estas circunstancias el tiempo de vaciado de la mitad de la balsa por este solo conducto, consultando la tabla anterior, sería de 11 días y 14 horas, con un caudal medio entregado al cauce de  $0,47 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 9.3 Desagüe en emergencia. Comprobación de la tubería de toma de la nueva balsa (D=800 a 600 mm) como desagüe de fondo

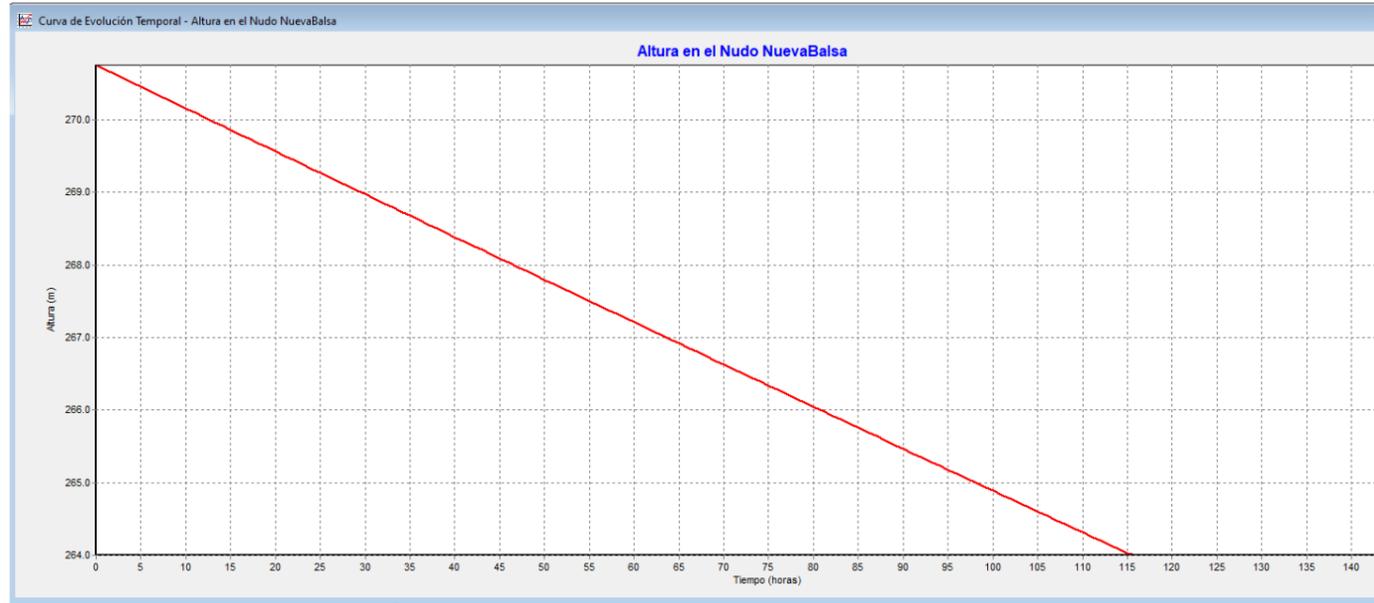
En caso de emergencia la tubería ordinaria de toma de la balsa (D=800mm) puede utilizarse como desagüe de fondo. Esta tubería está conectada a la tubería de toma de la balsa próxima de ACUAMED, desde la que se alimenta todo el sistema de distribución de riego de la zona IV. Concretamente está conectada a las balsas del Jabonero y la Serrata, ambas de la CUCN, con tuberías de DN 600mm y a las que podrá derivarse el agua del desagüe de fondo de la nueva balsa en emergencias.

Se ha realizado un modelo de este sistema hidráulico, que se ha resuelto con el programa EPANET. Se ha considerado en el modelo que la balsa nueva está llena hasta cota del aliviadero, las balsas a las que se transvasa el agua: Jabonero y Serrata (ALPI) se encuentra a nivel medio y en estas circunstancias se comprueba que el tiempo que tarda la balsa en alcanzar la cota 264 y en consecuencia quedar aproximadamente a la mitad de llenado, es de 115

horas.



Detalle de la conexión del desagüe de la nueva balsa, con la existente del Jabonero.



Evolución del llenado en la nueva balsa. Vaciado desde la cota 269,75 m.s.n.m. a la cota 264,00 m.s.n.m.

Como vemos el caudal de salida de la nueva balsa está en el entorno de los 1.195 l/s = 1,195 m<sup>3</sup>/s y tardaría en vaciarse la mitad de la balsa unas 115 horas. Las velocidades que se obtienen están en el entorno de 2,36 a 2,27 m/s, valores que pueden considerarse admisibles, en circunstancias de emergencia.

#### 9.4 Desagüe simultaneo por los dos conductos de desagüe

En los cálculos anteriores hemos obtenidos que, en el desagüe de media balsa, desde cota 269,75 a cota 264,00, cuando se realiza por la tubería independiente de desagüe de fondo, puede derivarse a cauce publico aproximadamente un caudal de 0,47 m<sup>3</sup>/s y se tardaría un tiempo de unos 11 días y 14 horas, en desaguar media balsa.

Cuando se desagüe, la misma mitad de la balsa, por la propia tubería de toma hemos obtenido un tiempo de vaciado de unas 115 horas y un caudal de 1,195

m<sup>3</sup>/s.

A la vista de lo anterior podemos obtener el tiempo en que podemos vaciar la mitad de la balsa por los dos conductos simultáneamente, teniendo en cuenta que debemos desaguar un volumen de 471.242 m<sup>3</sup>

$T = (471.242 / (1,195+0,47)) / 3.600 = 78,61$  horas, aproximadamente 3 días y 6 horas, periodo que podemos considerar razonable para una balsa de estas características.

## 10.- MOVIMIENTO DE TIERRAS

### 10.1 Objetivo del proyecto

Se ha tratado conseguir un encaje de la nueva balsa, en las parcelas realmente disponibles, de forma que se consiga un volumen de embalse ligeramente inferior a  $1\text{Hm}^3$ , con el mínimo movimiento de tierras y tratando de lograr la compensación de desmontes y terraplenes. Se han adoptado unos parámetros de diseño usuales, compatibles con la calidad de los terrenos estudiados en el anejo geotécnico y que se detallan en el epígrafe siguiente.

### 10.2 Requisitos del diseño

Los parámetros de diseño son los siguientes:

- Taludes interiores de terraplén H/V: 2,50 / 1,00
- Taludes exteriores de terraplén H/V: 2,00 / 1,00
- Taludes exteriores de desmonte H/V: 1,00 / 1,00

Se pretende el equilibrio final de tierras, entre el desmonte y terraplén, al objeto de evitar transportes a vertedero autorizado y pago de canon de vertido, en el supuesto de exceso de tierras, y la falta de tierras para cubrir los terraplenes necesarios, el supuesto un balance deficitario. En ambos casos el desequilibrio supondría un coste considerable, dados los volúmenes movilizados durante la ejecución de la balsa.

### 10.3 Estabilidad de taludes

En el anejo N° 7 "Geología y Geotécnica" se desarrolla con detalle la caracterización de los materiales con que se construye la balsa y la justificación de los taludes adoptados para su construcción. En los párrafos siguientes se realiza un resumen de los aspectos más relevantes.

Para la caracterización de los terrenos de la zona de la balsa, se ha realizado la siguiente campaña geotécnica:

a) Cinco (5) ensayos de penetración dinámica tipo DPSH, hasta obtener rechazo

b) Cuatro (4) sondeos mecánicos a rotación con recuperación continua de testigo, en el interior de los mismos se han llevado a cabo ensayos de penetración estándar (SPT)

c) Campaña geofísica sísmica de reconocimiento de toda la zona de la balsa.

A partir de estos ensayos y los correspondientes de laboratorio se han identificado dos tipos de unidades geotécnicas: Grupo Geotécnico N° 1 constituido por arenas limosas-areniscas, de baja plasticidad, y Grupo Geotécnico N° 2 constituido por depósitos cuaternario de tipo conglomerático-encostrado pleistocénico

En ambos casos son suelos que van desde adecuados a seleccionados y aptos para la construcción de los diques de la balsa y con parámetros geomecánicos adecuados a los taludes con que se proyecta la balsa.

#### 10.3.1 Resumen de los resultados del análisis de estabilidad

Se ha realizado el cálculo de estabilidad de los taludes de la balsa, en la zona de máximas alturas del dique, quedando así del lado de la seguridad en todas las zonas de la balsa.

Se han realizado tres grupos de hipótesis de cálculo para la estabilidad del dique de la balsa:

- Hipótesis 1: Embalse lleno
- Hipótesis 2: Embalse lleno y rotura de la lámina de agua.
- Hipótesis 3: Desembalse rápido, con rotura de la lámina de agua.

Los cálculos se han realizado con el software comercial STABR realizado por la Universidad de Virginia (EEUU). El programa realiza la comprobación tanto por el método de Bishop como el método de Janbu, obteniendo como coeficiente de seguridad el menor de los dos cálculos realizados.

El sismo se ha tenido en cuenta de acuerdo a la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02, obteniéndose una aceleración básica  $a_b$  de 0,14g y una aceleración de caculo  $a_c$  de 0,15g siendo "g" la aceleración gravitatoria.

Se han realizado los cálculos con los siguientes parámetros de cálculo de los materiales.

Unidad Geotécnica	Cohesión (KN/mm <sup>2</sup> )	Angulo de Rozamiento interno (°)	Densidad (KN/M <sup>3</sup> )
Relleno tipo Terraplén	30	35	20
G.G. 01 Arenas limosas Arenisca (Td)	30	35	20
G.G. 02 Conglomerados encontrados (Qcg+Qk)	40	32	21

Los coeficientes de seguridad obtenidos son los siguientes.

HIPÓTESIS DE ROTURA	TALUD AGUAS ABAJO	
	SIN SISMO	CON SISMO
H.01 – EMBALSE LLENO	2.020	1.474
H.02 – ROTURA IMPERMEABILIZACIÓN	1.374	-

HIPÓTESIS DE ROTURA	TALUD AGUAS ARRIBA	
	SIN SISMO	CON SISMO
H.03 – ROTURA IMPERMEABILIZACIÓN. DESEMBALSE RÁPIDO	2.020	1.474

Comprobándose que en todos los casos cumplen con los factores de seguridad exigidos en "EL Manual de Diseño, Construcción, Explotación y Mantenimiento de balsas". CEDEX

• F.S SEGÚN MANUAL CEDEX

Situación de Diseño	Sin Sismo	Con sismo
Final de Construcción	1.3	-
Embalse lleno	1.5	1.3
Rotura de lámina	1.3	-
Desembalse rápido	1.1	-

#### 10.4 Movimiento de tierras, software de cálculo utilizado

Para el cálculo de los movimientos de tierras se utiliza el siguiente software:

- MDT v. 8.5 Profesional de la firma Aplitop, S.L., bajo entorno Cad.
- Licencia nº: 9900 SPN
- Titular de la licencia: OTIPSA Consultores, S.L.

#### 10.5 Metodología de cálculo

El análisis del estudio se inicia con un levantamiento topográfico realizado por TOPOMAR TOPOGRAFOS, S.L., realizado mediante un vuelo-dron con las características especificadas en el Anejo Nº 6 "Cartografía, Topografía y Replanteo".

El levantamiento realizado se modeliza en una superficie o malla triangular de lado irregular.

Después de varias iteraciones donde se varían las características del vaso manteniendo los parámetros de diseño descritos anteriormente, se consigue una solución donde se aprecia el equilibrio de desmontes y terraplenes alcanzándose un volumen de almacenamiento de agua aproximado al objetivo fijado.

No obstante, conviene hacer varias consideraciones:

- El equilibrio de tierras para la construcción estricta del vaso de la balsa y su camino de coronación no se alcanza completamente, comprobándose un ligero desequilibrio.
- Para alcanzar el equilibrio se realizan básicamente dos actuaciones que mejoran la seguridad de la balsa y su mantenimiento posterior:
- Dotar de una plataforma, de unos 50x10 m en el lado norte de la balsa, adosada al camino de coronación, dotando a este de más anchura que sirva para facilitar el movimiento de maquinaria, acopio de materiales, etc. en las futuras labores de explotación y mantenimiento de la balsa.

- Rellenar, creando una pequeña banqueta de tierras, con las tierras sobrantes, el trasdós del manto de escollera que se ha colocado en el pie de talud de los puntos de máximo terraplén. Este manto de escollera, no necesarios para la estabilidad de los taludes, se coloca para proteger estos terraplenes de erosiones debido a la escorrentía superficial, sobre los taludes de máxima altura.

#### 10.6 Resultados del cálculo

El resumen del cálculo de volúmenes de almacenamiento y superficies de la balsa, puede observarse en el siguiente cuadro.

SUPERFICIES	
Superior z=270,75	93 347 m <sup>2</sup>
Agua z=269,75	90 162 m <sup>2</sup>
Inferior z=256,75	55 388 m <sup>2</sup>
ALTURAS	
H agua	13 m
H tierras	14 m
VOLUMENES	
Vol vaso agua cota 269,75	938 914 m <sup>3</sup>
Vol. Vaso tierras Cota 270,75	1.030.635 m <sup>3</sup>

Las mediciones auxiliares, del movimiento de tierras de la balsa, que se adjuntan en el documento Nº 4 "Presupuesto", se detallan los valores obtenidos, que se describen aquí a continuación.

<b>Zcoronacion= 270,75 con pendiente en fondo y aparcamiento</b>	
Volumen movimiento de tierras balsa por diferencia de mallas (Software MDT)	
<b>Ficheros</b>	
Primer fichero	nat-amplia cobertura.SUP
Segundo fichero	nat-amplia cobertura-ext-int-fondo.SUP
<b>Parámetros</b>	
Dimensión de Celda	1.000
<b>Volúmenes</b>	
Volumen Desmonte	658655.780
Volumen Terraplén	657119.899
Diferencia	1535.881
<b>Áreas</b>	
Área Desmonte	63516.500
Área Terraplén	78901.272
Taludes interiores	39932
Fondo	55388

<b>Volúmenes</b>	
Volumen Desmonte	697 863.65
-Vaso y camino coronacion	661 575.65
-Base escalonada cimient de terraplenes	36 288.00
Volumen Terraplén	697 863.65
-Vaso y camino coronacion	659 538.69
-Base escalonada cimient de terraplenes	36 288.00
-Banqueta manto de escollera	2 036.96
Diferencia	0.00

## 10.7 Proceso constructivo

### Equipos previstos

De acuerdo al estudio geotécnico, no será necesaria la excavación en roca, por este motivo todo el terreno puede ser considerado excavable sin distinción de naturaleza.

Para conseguir los rendimientos necesarios y cumplir los plazos previstos se ha considerado necesario dos equipos, simultáneos, de movimiento de tierras compuesto de los siguientes elementos y rendimientos.

<b>DESMONTE EN CUALQUIER CLASE DE TERRENO</b>		<b>TERRAPLEN CON MATERIAL DE EXCAVACION</b>	
ACTIVIDAD	MEDICION	ACTIVIDAD	MEDICION
Excavacion en desmonte y transporte a terraplen	661575.65	Extendido y compactacion, material de excvacion	661575.65
EQUIPO PREVISTO		EQUIPO PREVISTO	
Maquinaria	- 1 Tractor de oruga - 1 Retroexcavadora - 1 Pala cargadora 1 Camion basculante	Maquinaria	- 1 Motoniveladora - 2 Camiones basculantes - 1 Compactador de rodillo - 1 Camión cisterna
Mano de obra	- 1 Peon	Mano de obra	- 2 Peon
RENDIMIENTOS PREVISTOS		RENDIMIENTOS PREVISTOS	
M <sup>3</sup> /dia	1925	M <sup>3</sup> /dia	1700
Rend. real= 0.82	1579	Rend. real= 0.82	1394
PLAZOS PREVISTOS		PLAZOS PREVISTOS	
CAPITULO	EQUIPOS ASIGNADOS	CAPITULO	EQUIPOS ASIGNADOS
Balsa	2	Balsa	2
DURACION		DURACION	
MESES	10	MESES	12

### **Procedimientos**

Las zonas de terraplenado serán cubiertas con los materiales desmontados, destacándose dos situaciones:

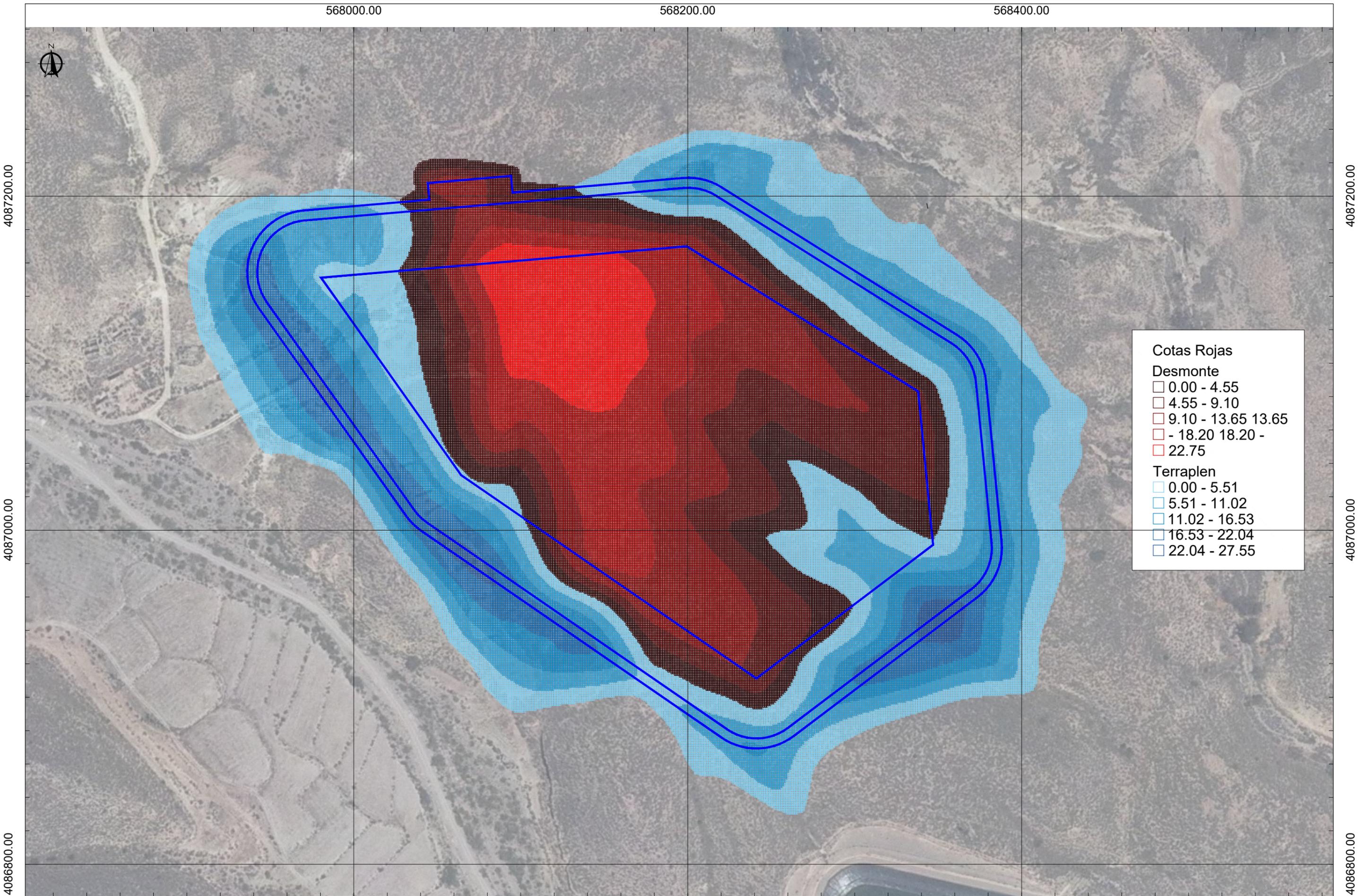
- Aportación directa al terraplén con los medios mecánicos de excavación, en aquellas zonas de terraplén próximas del frente de excavación.
- Transporte del material desmontado a terraplén con medios mecánicos en el interior de la obra en aquellas zonas más alejada del frente de excavación.

Ambas situaciones están presupuestadas, considerándose razonable una distancia de transporte máxima de 50 m. entre el frente de excavación y la zona de terraplén.

El terraplenado deberá extenderse en tongadas, humectarse y compactarse con medios mecánicos, dependiendo el espesor de la tongada del medio de compactación de que disponga el Contratista, debiéndose alcanzar densidades de compactación no inferiores al 96% del Próctor Modificado o 100% de Proctor Normal.

Finalmente, se contempla un refino de los taludes interiores del vaso, así como de la plataforma inferior, al objeto de crear una superficie regularizadas que garantice la correcta extensión de la lámina de impermeabilización.

Se acompaña a continuación unos planos confeccionados con ayuda del Software MDT, donde se distinguen por colores las diferentes zonas, clasificados en función de la cota de desmonte y terraplén, presentándose una propuesta de transferencias de volúmenes de desmonte a terraplén, aunque puede ser adaptado a las propuestas y a los medios materiales que finalmente disponga el adjudicatario de las obras, que conociendo su oficio pueda proponer otras mejores y aceptadas por la Dirección de Obra.



Cotas Rojas	
Desmorte	
□	0.00 - 4.55
□	4.55 - 9.10
□	9.10 - 13.65 13.65
□	- 18.20 18.20 -
□	22.75
Terraplen	
□	0.00 - 5.51
□	5.51 - 11.02
□	11.02 - 16.53
□	16.53 - 22.04
□	22.04 - 27.55

Referencia geográfica. Sistema de coordenadas ETRS89/H30-N (EPSG: 25830)



568000.00



Título del proyecto:  
**BALSA GENERAL DE REGULACIÓN DE LA COMUNIDAD DE  
 USUARIOS DE AGUAS DE LA COMARCA DE NÍJAR, EN EL PARAJE  
 DEL JABONERO. T.M. DE NÍJAR (Almería)**

568200.00

1/2.000  
 Formato Original UNE A-3

Fecha:  
 DICIEMBRE 2.022



Autor del proyecto:  
 ANTONIO CARRILLO OLLER  
 INGENIERO DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS

568400.00

Título del plano: **Anejo 11. Diseño y dimensionamiento de la balsa**

**MOVIMIENTO DE TIERRAS  
 ZONIFICACIÓN DE DESMONTES Y TERRAPLENES**

Aprobado  
 Plano nº:  
 1  
 Hoja nº:  
 1 de 3

568000.00

568200.00

568400.00



4087200.00

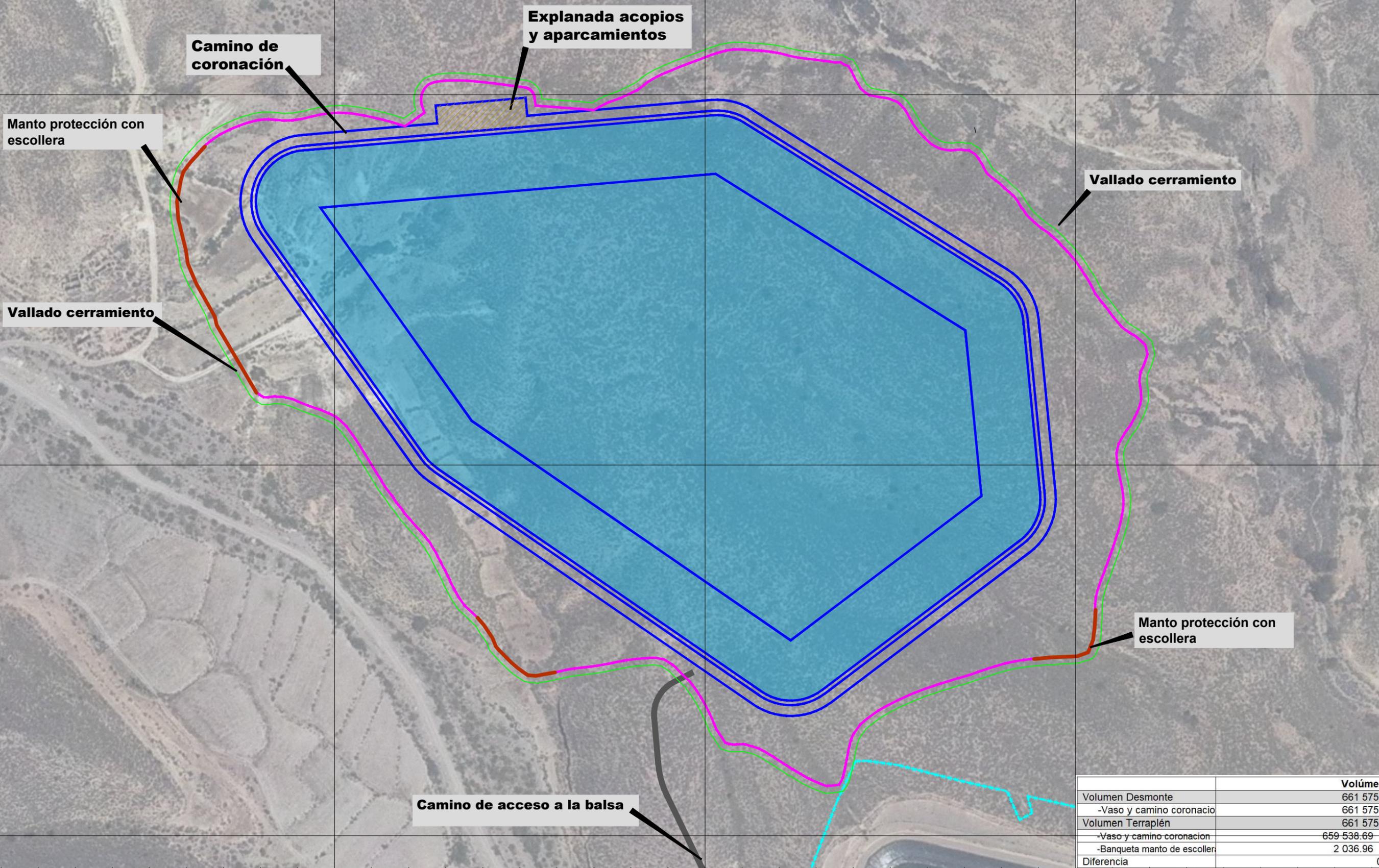
4087200.00

4087000.00

4087000.00

4086800.00

4086800.00



Manto protección con escollera

Camino de coronación

Explanada acopios y aparcamientos

Vallado cerramiento

Vallado cerramiento

Manto protección con escollera

Camino de acceso a la balsa

	Volúmenes
Volumen Desmote	661 575.65
-Vaso y camino coronacion	661 575.65
Volumen Terraplén	661 575.65
-Vaso y camino coronacion	659 538.69
-Banqueta manto de escollera	2 036.96
Diferencia	0.00

Referencia geográfica. Sistema de coordenadas ETRS89/H30-N (EPSG: 25830)

568000.00

Título del proyecto:  
**BALSA GENERAL DE REGULACIÓN DE LA COMUNIDAD DE USUARIOS DE AGUAS DE LA COMARCA DE NÍJAR, EN EL PARAJE DEL JABONERO. T.M. DE NÍJAR (Almería)**

568200.00

Escala:  
**1/2.000**  
 Formato Original UNE A-3

Fecha:  
DICIEMBRE 2.022



Autor del Proyecto:  
**ANTONIO CARRILLO OLLER**  
 INGENIERO DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS

568400.00

Título del plano: **Anejo 11. Diseño y dimensionamiento de la balsa**

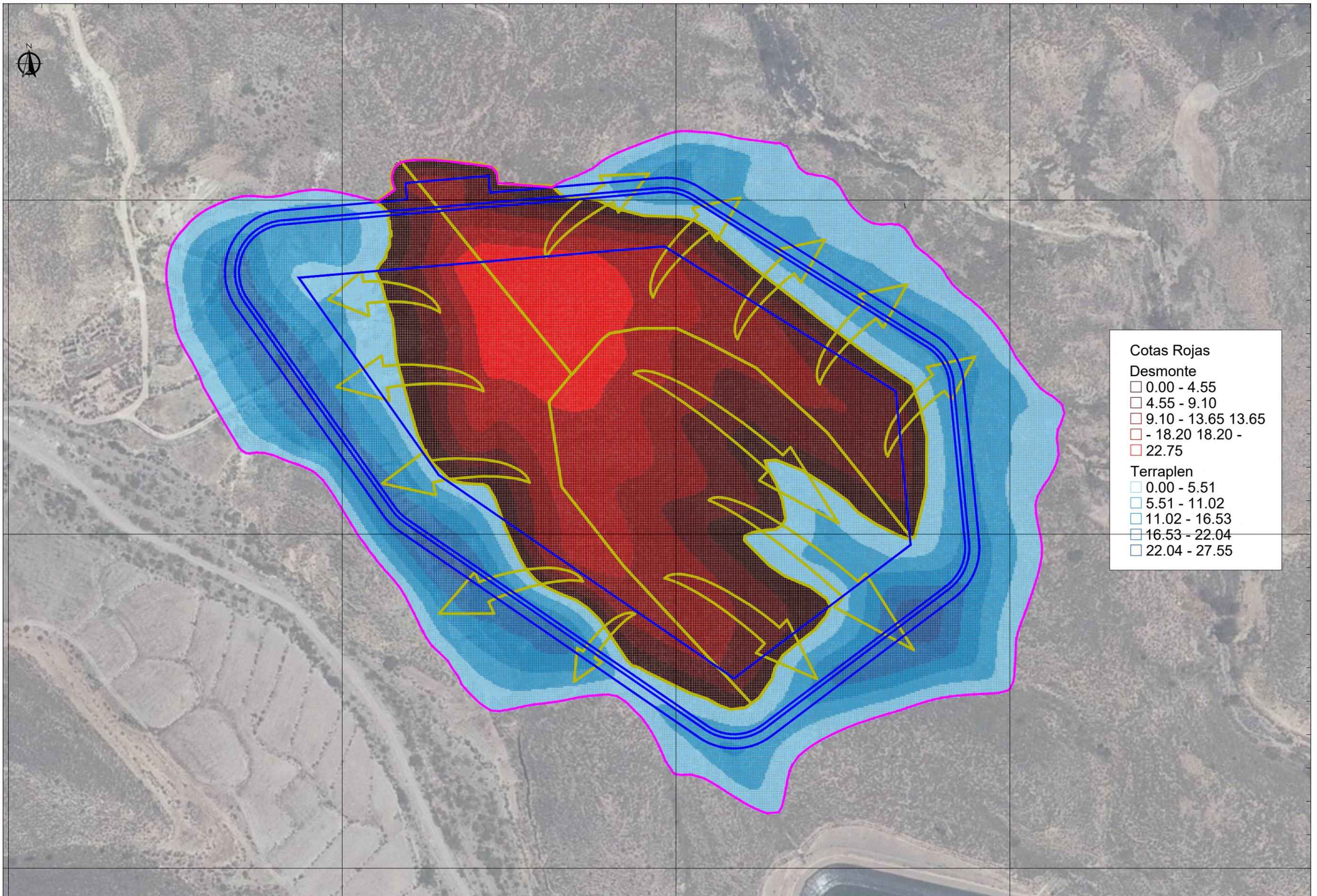
Aprobado

Plano nº: **1**

Hoja nº: **2 de 3**

**MOVIMIENTO DE TIERRAS**  
**EQUILIBRO DEL BALANCE DE TIERRAS**





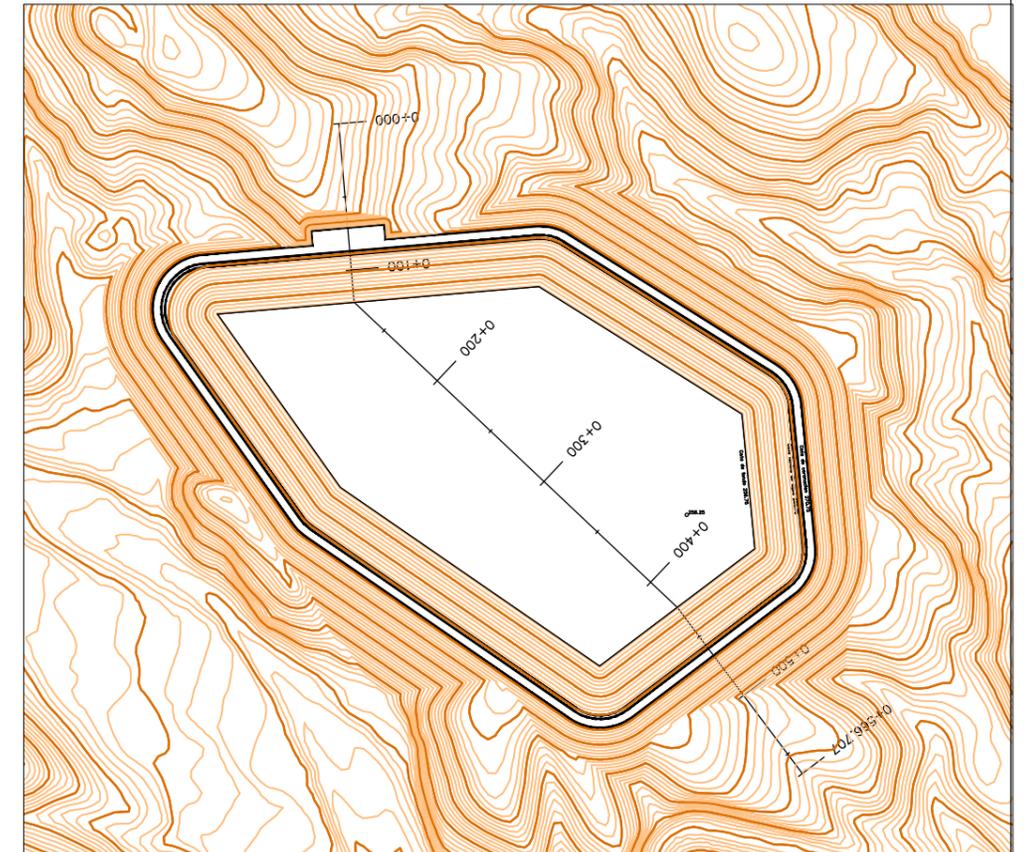
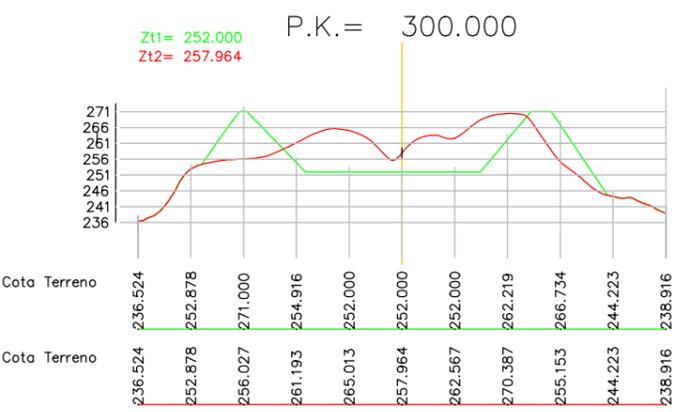
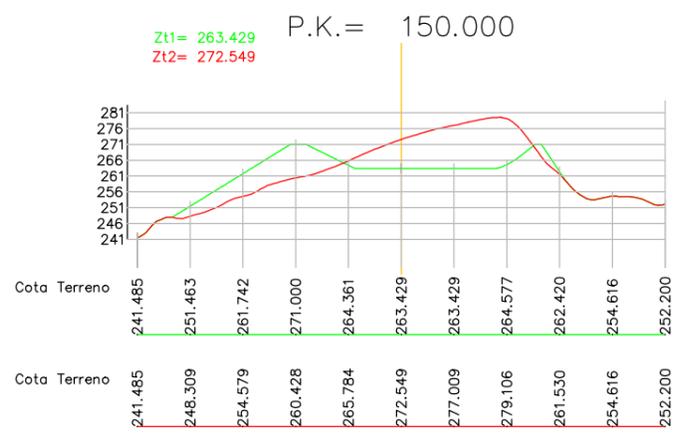
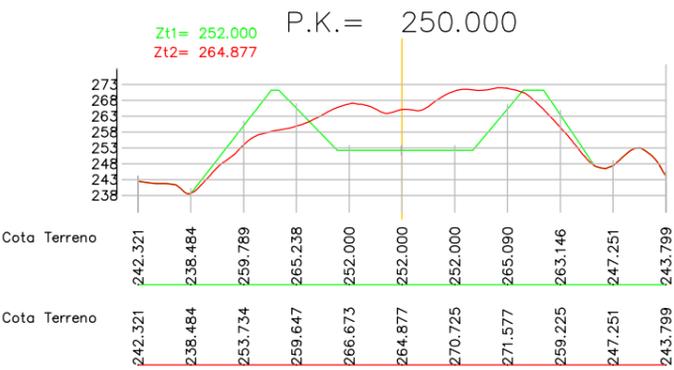
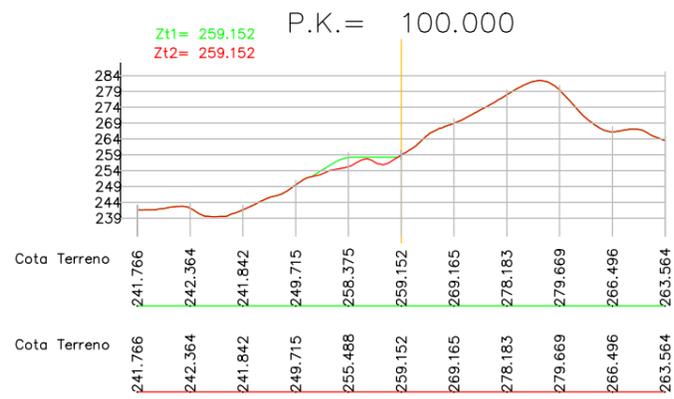
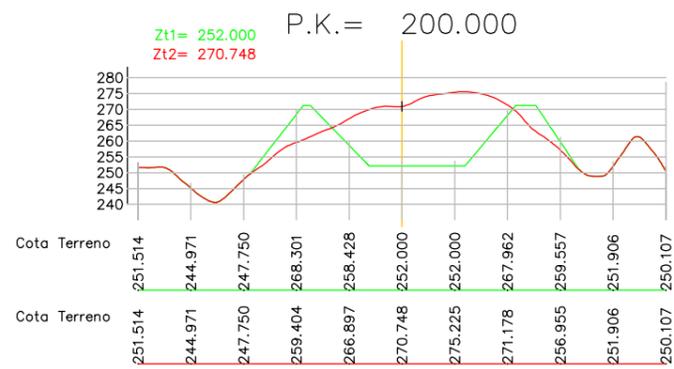
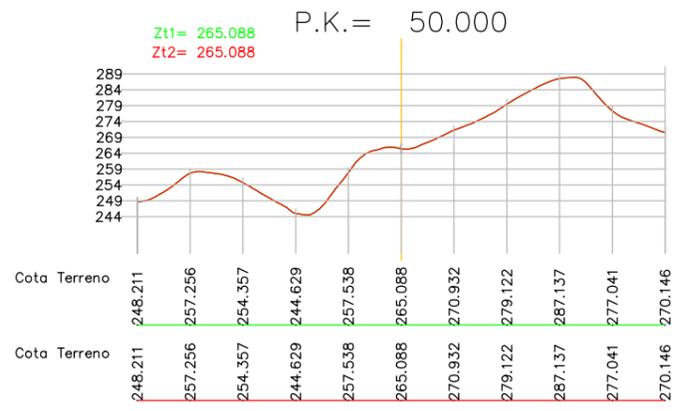
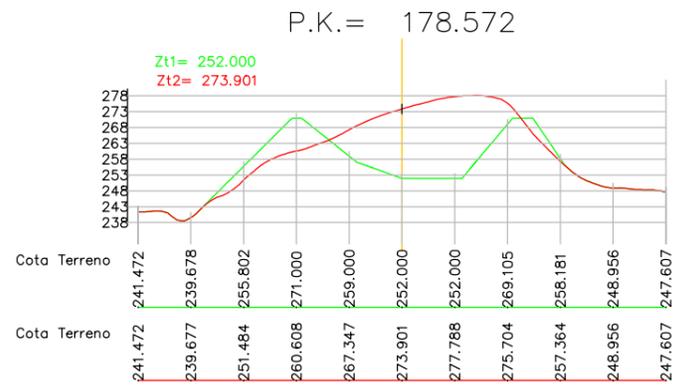
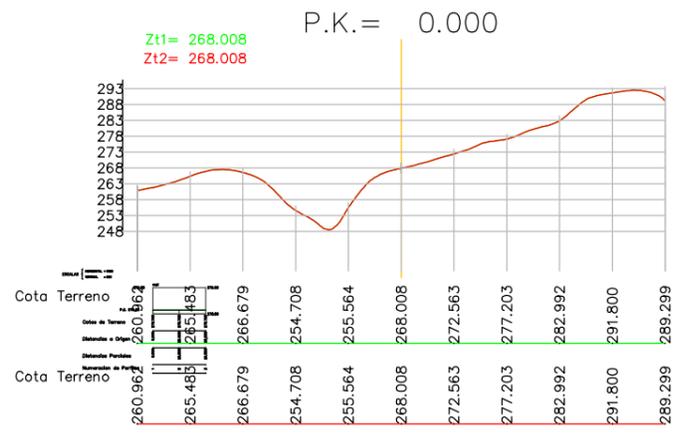
Cotas Rojas	
Desmorte	0.00 - 4.55
	4.55 - 9.10
	9.10 - 13.65 13.65
	- 18.20 18.20 -
	22.75
Terraplen	
	0.00 - 5.51
	5.51 - 11.02
	11.02 - 16.53
	16.53 - 22.04
	22.04 - 27.55

4087200.00

4087000.00

4086800.00





Referencia geográfica. Sistema de coordenadas ETRS89/H30-N (EPSG: 25830)



Título del proyecto:  
**BALSA GENERAL DE REGULACIÓN DE LA COMUNIDAD DE USUARIOS DE AGUAS DE LA COMARCA DE NÍJAR, EN EL PARAJE DEL JABONERO. T.M. DE NÍJAR (Almería)**

Escala:  
**1/2.000**  
Formato Original UNE A-3

Fecha:  
DICIEMBRE 2.022



Autor del Proyecto:  
**ANTONIO CARRILLO OLLER**  
INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Título del plano: **Anejo 11. Diseño y dimensionamiento de la balsa**

**MOVIMIENTO DE TIERRAS**  
**PERFILES TRANSVERSALES**

Aprobado

Plano nº: **2**

Hoja nº: **1 de 2**

