

## ANEJO Nº 09.- CALCULO BALSAS DE REGULACION

<b>1.- DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS</b> .....	<b>1</b>
1.1.- Balsa B "A GORGOLLOZA" .....	1
1.1.1.- SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA Balsa .....	1
1.1.2.- PLATAFORMA Y CAMINOS DE ACCESO .....	2
1.1.3.- ALIVIADERO .....	3
1.1.4.- ENTRADA DE AGUA, TOMA Y DESAGÜE DE FONDO .....	3
1.1.5.- ELEMENTOS DE CONTROL .....	4
1.1.6.- ESTANQUE AMORTIGUADOR TIPO IMPACTO.....	5
1.2.- Balsa C "SAN PEDRO" .....	5
1.2.1.- PLATAFORMA Y CAMINOS DE ACCESO .....	7
1.2.2.- ALIVIADERO .....	7
1.2.3.- ENTRADA DE AGUA, TOMA Y DESAGÜE DE FONDO .....	8
1.2.4.- ELEMENTOS DE CONTROL .....	9
1.2.5.- ESTANQUE AMORTIGUADOR TIPO IMPACTO.....	10
1.3.- Balsa D "A PEDRIZA" .....	10
1.3.1.- SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA Balsa .....	10
1.3.2.- PLATAFORMA Y CAMINOS DE ACCESO .....	12
1.3.3.- ALIVIADERO .....	12
1.3.4.- ENTRADA DE AGUA, TOMA Y DESAGÜE DE FONDO .....	12
1.3.5.- ELEMENTOS DE CONTROL .....	13
1.3.6.- ESTANQUE AMORTIGUADOR TIPO IMPACTO.....	15
<b>2.- CÁLCULO DE LOS VOLUMENES</b> .....	<b>15</b>
2.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE CÁLCULO .....	15
2.1.1.- Balsa B "A GORGOLLOZA" .....	15
2.1.2.- Balsa C "SAN PEDRO" .....	19
2.1.3.- Balsa D "A PEDRIZA" .....	22
<b>3.- SUPERFICIACION Y CUBICACION DEL EMBALSE</b> .....	<b>25</b>
3.1.- METODOLOGIA. ....	25
3.2.- RESULTADOS PARA LA Balsa B "A GORGOLLOZA" .....	27
3.3.- RESULTADOS PARA LA Balsa C "SAN PEDRO" .....	30
3.4.- RESULTADOS PARA LA Balsa D "A PEDRIZA" .....	33
<b>4.- CALCULO HIDRAULICO DE LOS ELEMENTOS DE LA Balsa B</b> .....	<b>36</b>
4.1.- ANCHURA DE CORONACION Y RESGUARDO.....	36
4.1.1.- DATOS DE PARTIDA .....	36
4.1.2.- ANCHURA DE CORONACIÓN.....	36
4.1.3.- RESGUARDO .....	36
4.2.- ALIVIADERO .....	37
4.2.1.- CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO .....	37
4.2.2.- DESCARGA SOBRE EL VERTEDERO .....	38
4.2.3.- SECCIÓN CRÍTICA. ARRANQUE DEL CANAL DE DESCARGA.....	39
4.2.4.- CANAL DE DESCARGA .....	40
4.2.5.- ARQUETA DE ROTURA DE CARGA.....	43
4.2.6.- CONDUCCIÓN DE DESAGÜE.....	43
4.3.- DIMENSIONAMIENTO DEL DESAGÜE DE FONDO .....	45
4.3.1.- INTRODUCCIÓN .....	45
4.3.2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS .....	45
<b>5.- CALCULO HIDRAULICO DE LOS ELEMENTOS DE LA Balsa C</b> .....	<b>49</b>

5.1.- ANCHURA DE CORONACION Y RESGUARDO.....	49
5.1.1.- DATOS DE PARTIDA .....	49
5.1.2.- ANCHURA DE CORONACIÓN.....	49
5.1.3.- RESGUARDO .....	49
5.2.- ALIVIADERO.....	50
5.2.1.- CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO .....	50
5.2.2.- DESCARGA SOBRE EL VERTEDERO .....	51
5.2.3.- SECCIÓN CRÍTICA. ARRANQUE DEL CANAL DE DESCARGA.....	52
5.2.4.- CANAL DE DESCARGA .....	52
5.2.5.- ARQUETA DE ROTURA DE CARGA.....	56
5.2.6.- CONDUCCIÓN DE DESAGÜE.....	56
5.3.- DIMENSIONAMIENTO DEL DESAGÜE DE FONDO .....	58
5.3.1.- INTRODUCCIÓN .....	58
5.3.2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS .....	58
<b>6.- CALCULO HIDRAULICO DE LOS ELEMENTOS DE LA Balsa D .....</b>	<b>62</b>
6.1.- ANCHURA DE CORONACION Y RESGUARDO.....	62
6.1.1.- DATOS DE PARTIDA .....	62
6.1.2.- ANCHURA DE CORONACIÓN.....	62
6.1.3.- RESGUARDO .....	62
6.2.- ALIVIADERO.....	63
6.2.1.- CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO .....	63
6.2.2.- DESCARGA SOBRE EL VERTEDERO .....	64
6.2.3.- SECCIÓN CRÍTICA. ARRANQUE DEL CANAL DE DESCARGA.....	65
6.2.4.- CANAL DE DESCARGA .....	65
6.2.5.- ARQUETA DE ROTURA DE CARGA.....	68
6.2.6.- CONDUCCIÓN DE DESAGÜE.....	68
6.3.- DIMENSIONAMIENTO DEL DESAGÜE DE FONDO .....	70
6.3.1.- INTRODUCCIÓN .....	70
6.3.2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS .....	70
<b>7.- CALCULOS MECANICOS .....</b>	<b>74</b>
7.1.- CALCULO DEL CANAL DE DESCARGA.....	75
7.1.1.- MARCO RECTANGULAR DE DIMENSIONES INTERIORES 3 x 1 m.....	75
7.1.2.- TRAMO II: CANAL RECTANGULAR DE DIMENSIONES INTERIORES 3,00 x 1,50 m. ....	83
7.2.- CALCULO DEL ESTANQUE AMORTIGUADOR TIPO IMPACTO EN EL DESAGÜE DE FONDO .....	88
<b>8.- ESTABILIDAD DE LOS TALUDES.....</b>	<b>97</b>
8.1.- CARACTERISTICAS GEOMETRICAS .....	97
8.2.- METODOLOGÍA DE CÁLCULO. ....	97
8.3.- ESTUDIO DE ESTABILIDAD. CONCLUSIONES. ....	99

## 1.- DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

### 1.1.- Balsa B "A GORGOLOZA"

#### 1.1.1.- SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA Balsa

La capacidad de la balsa será de 26.020 m<sup>3</sup> a situar en terrenos de propiedad en la zona de "A Chaira" en el monte situado entre las parroquias de Santa María de Mosteiro de Ribeira y San Bartolomé de Ganade, ambos pertenecientes al T.M. de Xinzo de Limia.

Se construirá semiexcavada en el terreno aprovechando los materiales de la excavación para la formación de los taludes de terraplén.

El terraplén será de forma trapezoidal con una anchura de coronación de 5,00 m. y taludes de 2,00 en horizontal por 1,00 en vertical para el talud interior y 2,40 en horizontal por 1,00 en vertical para el talud exterior.

La altura máxima del terraplén respecto al fondo de las balsas será de 5,00 m, siendo la del agua de 4,00 m, quedando por tanto un resguardo de 1 m bajo la coronación. En dicha coronación se proyecta la construcción de un camino de 398,38 m de longitud y 5 m de anchura, constituido por una base de material granular seleccionado de 1 pulgada de 25 cm de espesor y una capa de zahorra de 25 cm.

El interior se impermeabilizará en su totalidad (fondo y taludes) mediante un revestimiento a base de lámina de Polietileno de alta densidad (P.E.A.D.) de 2 mm de espesor colocada sobre un geotextil de polipropileno de 280 g/m<sup>2</sup>.

Se proyecta la construcción de una línea de anclaje de la lámina a lo largo del perímetro de coronación mediante la excavación de una zanja rellena en su parte inferior de material seleccionado sobre el que se coloca una pieza de hormigón que sirve de pretil de coronación. Para evitar el levantamiento de la lámina por efecto de succión del aire el anclaje de la misma se completará con la colocación de bordillos de hormigón de 1,00 x 0,28 x 0,15 m con una separación de 25 cm, a lo largo de toda la línea de intersección talud-fondo.

Irán provistas en su fondo de una red de drenaje. Este sistema de drenaje está constituido por drenes transversales que confluyen en un dren central en forma de espina de pescado y un dren perimetral formado por dos ramas convergentes.

Todos los drenes se proyectan con tubería de PVC ranurada de 200 mm de diámetro alojada en una zanja rellena de material drenante envuelto en geotextil de 280 gr/m<sup>2</sup>. La salida de las aguas de drenaje de la balsa a través del dique se realizará a través de tres tuberías de PVC de 200 mm de diámetro embutidas en un bloque de hormigón, las cuales discurren paralelamente a las tuberías del desagüe de fondo de la balsa vertiendo sus aguas a una arqueta de control situada en la explanación habilitada en el exterior de la balsa. Para el vaciado de dicha arqueta se colocará una tubería de PVC de 300 mm de diámetro con salida al canal de evacuación del desagüe de fondo.

Las características geométricas más destacables de la balsa son:

- Cota de coronación	735 m
- Cota de fondo	730 m
- Cota del agua (N.M.N.)	734 m
- Resguardo sobre N.M.N.	1,00 m
- Superficie de fondo de la balsa (730-730,5)	5.849 m <sup>2</sup>
- Superficie lámina de agua (N.M.N.)	8.347 m <sup>2</sup>
- Superficie taludes interiores	14.629 m <sup>2</sup>
- Superficie total de ocupación balsa	14.783 m <sup>2</sup>
- Volumen del embalse (N.M.N.)	26.020 m <sup>3</sup>
- Volumen de desmonte	18.133 m <sup>3</sup>
- Volumen de terraplén	18.249 m <sup>3</sup>
- Anchura del camino de coronación	5,00 m
- Longitud arista exterior del camino de coronación	409 m
- Perímetro de la arista interior de coronación	392 m
- Superficie taludes exteriores en terraplén	3.109 m <sup>2</sup>
- Superficie taludes exteriores en desmonte	1.102 m <sup>2</sup>
- Superficie ocupación instalación	2,02 Ha
- Perímetro instalación	1.1076 m

#### 1.1.2.- PLATAFORMA Y CAMINOS DE ACCESO

Se proyecta la construcción de una plataforma de zorra de 300 m<sup>2</sup> de superficie situada a la cota 729 donde se situará la arqueta de válvulas y la arqueta de desagüe.

Asimismo se proyecta la construcción de un camino, de acceso a la plataforma, que teniendo su origen en el vial Ganade - Mosteiro, servirá también como continuación con el camino en cuyo trazado original se localiza la balsa.

La longitud del camino será de 442 metros y la sección tipo tendrá una anchura de 5,00 m, 2% de bombeo, una base de material granular seleccionado de 1 pulgada de 25 cm de espesor

y una capa de zahorra de 25 cm. El movimiento de tierras resultante es de 3823 m<sup>3</sup> de desmonte y 3881 m<sup>3</sup> de terraplén

### 1.1.3.- ALIVIADERO

Se proyecta de hormigón armado situándose embutido en el talud de la balsa en la zona de menor altura de terraplén, con el fin de empotrarlo en el terreno natural, evitando posibles inestabilidades que pudieran surgir al construirlo sobre un talud creado artificialmente.

La solución adoptada es un aliviadero de labio fijo en pared gruesa. La disposición del aliviadero es frontal, y la sección de entrada en el mismo rectangular cuya base de 3,00 m. de longitud, coincide con el labio vertiente. (cota 734). En sección longitudinal, la obra está formada por cuatro partes que, de aguas arriba hacia aguas abajo, son los siguientes:

- Embocadura. Marco rectangular de 3,00 x 1,00 m, de 20 m de longitud.
- Canal de descarga. Tramo recto en canal abierto de dimensiones 3,00 x 1,50 m, 10,00 m. de longitud y pendiente 0,020 m/m.
- Arqueta de rotura de carga de dimensiones interiores en planta 3,00 x 3,50 m., y una profundidad máxima de 3,50 metros.
- Conducción de tubería de hormigón de 500 mm de diámetro y pendiente 0,05 m/m, que parte de la arqueta de rotura de carga y finaliza en el estanque amortiguador tipo impacto en el que también lo hace la conducción de desagüe de fondo, y desde el cual se desagua libremente a un canal de restitución que conduce el agua hasta la vaguada más próxima.

La altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero es de 0,30 m cuando se vierte un caudal de 0,88 m<sup>3</sup>/s, correspondiente caudal de aportación de agua procedente del bombeo más el proveniente de la precipitación para un período de retorno de 500 años, quedando por tanto un resguardo total de 1,00 m. sobre el N.M.N. y de 0,70 m. sobre el N.A.P.

### 1.1.4.- ENTRADA DE AGUA, TOMA Y DESAGÜE DE FONDO

Se ha proyectado una obra de llenado de la balsa, toma de agua para riego y desagüe de fondo constituida por 3 tuberías de diámetro 800 mm que discurren paralelas y embutidas en un bloque de hormigón bajo el dique de la balsa. Las tuberías son de acero helicoidado con revestimiento de pintura epoxi y el bloque de hormigón en el que van embutidas tiene unas dimensiones de 1,5 metro de altura, 5,3 metros de anchura, con una longitud de 40 metros entre las arquetas del interior de la balsa hasta la arqueta de válvulas situada en una plataforma de hormigón fuera de la balsa.

La tubería de entrada de agua llega a una arqueta de hormigón armado dentro de la balsa de dimensiones interiores 2,00 x 3,00 x 2,40 m y su caudal es regulado por una válvula de clapeta colocada dentro de la arqueta de válvulas.

Las conducciones de toma y desagüe de fondo parten del interior de la balsa de una misma

arqueta anexionada a la arqueta de entrada de agua y de dimensiones interiores 3,50 x 3,00 x 2,40 m y cota superior 730,00 m. y su funcionamiento queda regulado por medio de válvulas de mariposa localizadas dentro de la arqueta de válvulas, aguas abajo del dique, que permiten que sus funciones sean intercambiables, pudiendo la tubería de toma hacer las veces de desagüe de fondo y viceversa. Una vez sobrepasadas estas válvulas, ambas tuberías quedan unidas en una sola conducción que queda regulada por una válvula de clapeta que solo permite la circulación del agua en el sentido de salida de la balsa. Igualmente esta tubería se une un poco más adelante con la tubería de entrada en una única tubería que va a servir para transportar el agua tanto en el sentido de entrada como de salida del agua de la balsa.

La obra de desagüe de fondo se completa con una tubería de diámetro 600 mm en una longitud aproximada de 50 m y que será regulada mediante una válvula de mariposa.

#### 1.1.5.- ELEMENTOS DE CONTROL

Situada aguas abajo del dique y en explanación anexa a la balsa, se proyecta la construcción de una plataforma de hormigón para el anclaje de las válvulas para el control y regulación del suministro de agua a la red de riego. La citada plataforma de dimensiones interiores en planta 12,40 x 6,4, y se construirá con hormigón armado de 25 cm de espesor en solera

En la cabecera de cada una de las redes de riego se colocarán las válvulas de corte de mariposa de DN = 800 mm correspondientes a cada una de las tuberías, que en un número de dos, salen de la balsa. Ambas se unen en una sola del mismo diámetro mediante una pieza de unión en forma de pantalón (Y), de donde sale la tubería para desagüe a estanque con su correspondiente válvula de corte de mariposa de DN 600 mm

Inmediatamente aguas abajo, sobre la tubería común de salida se instala una válvula de seguridad en DN 750 mm cuya función es evitar que por una posible rotura en la red aguas abajo de la misma, pueda vaciarse la balsa con la posible inundación aguas abajo. Se trata de una válvula de seguridad contra inundación que actúa en función de la velocidad de paso del fluido por el interior de la misma

Constructivamente, es una válvula de mariposa que lleva en un carrete adyacente, una paleta que detecta la velocidad del agua; ésta, a su paso, ejerce sobre la paleta una fuerza proporcional al cuadrado de la velocidad. Cuando se produce la rotura de la tubería aguas debajo de la válvula, el agua aumenta su velocidad, aumentando entonces el valor de la fuerza sobre la paleta; si esta fuerza excede del valor de tarado del muelle de regulación, la paleta se desengancha y se produce el desencadenamiento de un sistema hidráulico: un brazo con contrapesos produce el cierre de la válvula de mariposa.

Inmediatamente aguas abajo de esta, se situará una válvula anti-retorno de DN 800 mm, de manera que en la tubería de entrada a la balsa no se permita la circulación del agua en sentido descendente

En el tramo de la tubería de entrada a la balsa se situará otra válvula anti-retorno de DN 800 mm de manera que no se permita la circulación del agua en sentido descendente.

La tubería de entrada se insertará a 45° en la común de salida. A partir de esta unión se situará un tramo común que actuará bien de conducto de entrada ó bien de salida según la demanda,

desde el cual se unirá a las dos redes de riego.

Todas las válvulas de corte serán de accionamiento eléctrico, sin embargo dado el poco uso que se les prevé (prácticamente, salvo avería, su uso se restringirá a dos únicas maniobras, una al finalizar la campaña y otra al comienzo de esta), no se ha tenido en cuenta el llevar ninguna línea eléctrica hasta la arqueta, estando su maniobra condicionada al empleo de un grupo electrógeno portátil.

Los dispositivos de regulación previstos para la entrada, toma de agua y desagüe para cada una de las redes se resume a continuación:

- Dos válvulas de mariposa de DN = 800 mm
- Una válvula de mariposa de DN = 600 mm
- Una válvula anti-inundaciones DN = 750mm
- Dos válvulas de clapeta de DN = 800 mm

Las características principales y especificaciones que deberán cumplir estos elementos se especifican en el Pliego de Prescripciones Técnicas.

#### **1.1.6.- ESTANQUE AMORTIGUADOR TIPO IMPACTO**

Para amortiguar la energía del flujo saliente por la tubería prevista para desagüe de fondo se proyecta la construcción de un estanque amortiguador de hormigón armado tipo impacto de dimensiones interiormente en planta 3,60 m x 2,70 m y características según planos. El vaciado del estanque se realiza mediante un canal de 300 m de longitud, de sección trapezoidal de 2 m. de anchura de base y taludes 1:1.en donde se acondiciona un primer tramo de 5 m del canal con escollera.

El canal intercepta en su recorrido con un camino existente, lo que obliga a la colocación de una obra de paso constituida por 7 marcos prefabricados de 2,00 x 1,50 x1,00 y a la protección de los taludes en las proximidades de los marcos con escollera.

#### **1.2.- Balsa C "SAN PEDRO"**

La capacidad de la balsa será de 24.913 m<sup>3</sup> a situar en terrenos de propiedad en la zona de "Monte Boian" en la parroquia de San Pedro de Laroa del T.M. de Xinzo de Limia.

Se construirá semiexcavada en el terreno aprovechando los materiales de la excavación para la formación de los taludes de terraplén.

El terraplén será de forma trapezoidal con una anchura de coronación de 5,00 m. y taludes de 2,00 en horizontal por 1,00 en vertical para el talud interior y 2,40 en horizontal por 1,00 en vertical para el talud exterior.

La altura máxima del terraplén respecto al fondo de las balsas será de 5,00 m, siendo la del agua de 4,00 m, quedando por tanto un resguardo de 1 m bajo la coronación. En dicha coronación se proyecta la construcción de un camino de 481 m de longitud y 5 m de anchura, constituido por una base de material granular seleccionado de 1 pulgada de 25 cm de espesor y una capa de zahorra de 25 cm.

El interior se impermeabilizará en su totalidad (fondo y taludes) mediante un revestimiento a base de lámina de Polietileno de alta densidad (P.E.A.D.) de 2 mm de espesor colocada sobre un geotextil de polipropileno de 280 g/m<sup>2</sup>.

Se proyecta la construcción de una línea de anclaje de la lámina a lo largo del perímetro de coronación mediante la excavación de una zanja rellena en su parte inferior de material seleccionado sobre el que se coloca una pieza de hormigón que sirve de pretil de coronación. Para evitar el levantamiento de la lámina por efecto de succión del aire el anclaje de la misma se completará con la colocación de bordillos de hormigón de 1,00 x 0,28 x 0,15 m con una separación de 25 cm, a lo largo de toda la línea de intersección talud-fondo.

Irán provista en su fondo de una red de drenaje. Este sistema de drenaje está constituido por drenes transversales que confluyen en un dren central en forma de espina de pescado y un dren perimetral formado por dos ramas convergentes.

Todos los drenes se proyectan con tubería de PVC ranurada de 200 mm de diámetro alojada en una zanja rellena de material drenante envuelto en geotextil de 280 gr/m<sup>2</sup>. La salida de las aguas de drenaje de la balsa a través del dique se realizará a través de tres tuberías de PVC de 200 mm de diámetro embutidas en un bloque de hormigón, las cuales discurren paralelamente a las tuberías del desagüe de fondo de la balsa vertiendo sus aguas a una arqueta de control situada en la explanación habilitada en el exterior de la balsa. Para el vaciado de dicha arqueta se colocará una tubería de PVC de 300 mm de diámetro con salida al canal de evacuación del desagüe de fondo.

Las características geométricas más destacables de la balsa son:

- Cota de coronación	695 m
- Cota de fondo	690 m
- Cota del agua (N.M.N.)	694 m
- Resguardo sobre N.M.N.	1,00 m
- Superficie de fondo de la balsa (690-690,5)	5.278 m <sup>2</sup>
- Superficie lámina de agua (N.M.N.)	8.174 m <sup>2</sup>
- Superficie taludes interiores	16.926 m <sup>2</sup>
- Superficie total de ocupación balsa	15.721 m <sup>2</sup>
- Volumen del embalse (N.M.N.)	24.913 m <sup>3</sup>

- Volumen de desmonte	18.072 m <sup>3</sup>
- Volumen de terraplén	17.892 m <sup>3</sup>
- Anchura del camino de coronación	5,00 m
- Longitud arista exterior del camino de coronación	481 m
- Perímetro de la arista interior de coronación	449 m
- Superficie ocupación instalación	1,74 Ha
- Perímetro instalación	867 m

#### 1.2.1.- PLATAFORMA Y CAMINOS DE ACCESO

Se proyecta la construcción de una plataforma de zorra de 300 m<sup>2</sup> de superficie situada a la cota 689 donde se situará la arqueta de válvulas y la arqueta de desagüe.

Asimismo se proyecta la construcción de un camino, de acceso a la plataforma, que teniendo su origen en el vial más próximo, servirá también como continuación con el camino en cuyo trazado original se localiza la balsa.

La longitud del camino será de 150 metros y la sección tipo tendrá una anchura de 5,00 m, 2% de bombeo, una base de material granular seleccionado de 1 pulgada de 25 cm de espesor y una capa de zorra de 25 cm. El movimiento de tierras resultante es de 865 m<sup>3</sup> de desmonte y 545 m<sup>3</sup> de terraplén

#### 1.2.2.- ALIVIADERO

Se proyecta de hormigón armado situándose embutido en el talud de la balsa en la zona de menor altura de terraplén, con el fin de empotrarlo en el terreno natural, evitando posibles inestabilidades que pudieran surgir al construirlo sobre un talud creado artificialmente.

La solución adoptada es un aliviadero de labio fijo en pared gruesa. La disposición del aliviadero es frontal, y la sección de entrada en el mismo rectangular cuya base de 2,00 m. de longitud, coincide con el labio vertiente. (cota 694). En sección longitudinal, la obra está formada por cuatro partes que, de aguas arriba hacia aguas abajo, son las siguientes:

- Embocadura. Marco rectangular de 2,00 x 1,00 m.
- Canal de descarga. Tramo recto en canal abierto de dimensiones 2,00 x 1,00 m. de 5 m. de longitud y pendiente 0,01 m/m.
- Arqueta de rotura de carga de dimensiones interiores en planta 3,00 x 3,50 m., y una profundidad máxima de 3,50 metros.

- Conducción de tubería de hormigón de 500 mm de diámetro y pendiente 0,06 m/m, que parte de la arqueta de rotura de carga y finaliza en el estanque amortiguador tipo impacto en el que también lo hace la conducción de desagüe de fondo, y desde el cual se desagua libremente a un canal de restitución que conduce el agua hasta la vaguada más próxima.

La altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero es de 0,30 m cuando se vierte un caudal de 0,574 m<sup>3</sup>/s, correspondiente caudal de aportación de agua procedente del bombeo más el proveniente de la precipitación para un período de retorno de 500 años, quedando por tanto un resguardo total de 1,00 m. sobre el N.M.N. y de 0,70 m. sobre el N.A.P.

### 1.2.3.- ENTRADA DE AGUA, TOMA Y DESAGÜE DE FONDO

Se ha proyectado una obra de llenado de la balsa, toma de agua para riego y desagüe de fondo constituida por 3 tuberías de diámetro 700 mm que discurren paralelas y embutidas en un bloque de hormigón bajo el dique de la balsa. Las tuberías son de acero helicSoldado con revestimiento de pintura epoxi y el bloque de hormigón en el que van embutidas tiene unas dimensiones de 1,5 metro de altura, 5,3 metros de anchura, con una longitud de 30 metros entre las arquetas del interior de la balsa hasta la arqueta de válvulas situada en una plataforma de hormigón fuera de la balsa.

La tubería de entrada de agua llega a una arqueta de hormigón armado dentro de la balsa de dimensiones interiores 2,00 x 3,00 x 2,40 m y su caudal es regulado por una válvula de clapeta colocada dentro de la arqueta de válvulas.

Las conducciones de toma y desagüe de fondo parten del interior de la balsa de una misma arqueta anexionada a la arqueta de entrada de agua y de dimensiones interiores 3,50x3,00 x 2,40 m y cota superior 690,00 m. y su funcionamiento queda regulado por medio de válvulas de mariposa localizadas dentro de la arqueta de válvulas, aguas abajo del dique, que permiten que sus funciones sean intercambiables, pudiendo la tubería de toma hacer las veces de desagüe de fondo y viceversa. Una vez sobrepasadas estas válvulas, ambas tuberías quedan unidas en una sola conducción que queda regulada por una válvula de clapeta que solo permite la circulación del agua en el sentido de salida de la balsa. En este mismo tramo se situará una válvula cuya función será evitar que ante una posible rotura en la red, pueda vaciarse la balsa con la posible inundación de los terrenos situados aguas abajo. Se trata de una válvula de seguridad contra inundación que actúa en función de la velocidad de paso del fluido por el interior de la misma.

Esta tubería se une un poco más adelante con la tubería de entrada en una única tubería que va a servir para transportar el agua tanto en el sentido de entrada como de salida del agua de la balsa.

La obra de desagüe de fondo se completa con una tubería de diámetro 500 mm que conducirá el agua, previo paso por debajo del camino que sirve de acceso a la balsa desde la arqueta de válvulas hasta la arqueta de desagüe en una longitud aproximada de 30 m y que será regulada mediante una válvula de mariposa.

#### 1.2.4.- ELEMENTOS DE CONTROL

Situada aguas abajo del dique y en explanación anexa a la balsa, se proyecta la construcción de una plataforma de hormigón para el anclaje de las válvulas para el control y regulación del suministro de agua a la red de riego. La citada plataforma de dimensiones interiores en planta 12,40 x 6,4, y se construirá con hormigón armado de 25 cm de espesor en solera

En la cabecera de cada una de las redes de riego se colocarán las válvulas de corte de mariposa de DN = 700 mm correspondientes a cada una de las tuberías, que en un número de dos, salen de la balsa. Ambas se unen en una sola del mismo diámetro mediante una pieza de unión en forma de pantalón (Y), de donde sale la tubería para desagüe a estanque con su correspondiente válvula de corte de mariposa de DN 500 mm

Inmediatamente aguas abajo, sobre la tubería común de salida se instala una válvula de seguridad en DN 600 mm cuya función es evitar que por una posible rotura en la red aguas abajo de la misma, pueda vaciarse la balsa con la posible inundación aguas abajo. Se trata de una válvula de seguridad contra inundación que actúa en función de la velocidad de paso del fluido por el interior de la misma

Constructivamente, es una válvula de mariposa que lleva en un carrete adyacente, una paleta que detecta la velocidad del agua; ésta, a su paso, ejerce sobre la paleta una fuerza proporcional al cuadrado de la velocidad. Cuando se produce la rotura de la tubería aguas debajo de la válvula, el agua aumenta su velocidad, aumentando entonces el valor de la fuerza sobre la paleta; si esta fuerza excede del valor de tarado del muelle de regulación, la paleta se desengancha y se produce el desencadenamiento de un sistema hidráulico: un brazo con contrapesos produce el cierre de la válvula de mariposa.

Inmediatamente aguas abajo de esta, se situará una válvula anti-retorno de DN 700 mm, de manera que en la tubería de entrada a la balsa no se permita la circulación del agua en sentido descendente

En el tramo de la tubería de entrada a la balsa se situará otra válvula anti-retorno de DN 700 mm de manera que no se permita la circulación del agua en sentido descendente.

La tubería de entrada se insertará a 45° en la común de salida. A partir de esta unión se situará un tramo común que actuará bien de conducto de entrada ó bien de salida según la demanda, desde el cual se unirá a las dos redes de riego.

Todas las válvulas de corte serán de accionamiento eléctrico, sin embargo dado el poco uso que se les prevé (prácticamente, salvo avería, su uso se restringirá a dos únicas maniobras, una al finalizar la campaña y otra al comienzo de esta), no se ha tenido en cuenta el llevar ninguna línea eléctrica hasta la arqueta, estando su maniobra condicionada al empleo de un grupo electrógeno portátil.

Los dispositivos de regulación previstos para la entrada, toma de agua y desagüe para cada una de las redes se resume a continuación:

- Dos válvulas de mariposa de DN = 700 mm
- Una válvula de mariposa de DN = 500 mm

- Una válvula anti-inundaciones DN = 600 mm
- Dos válvulas de clapeta de DN = 700 mm

Las características principales y especificaciones que deberán cumplir estos elementos se especifican en el Pliego de Prescripciones Técnicas.

### 1.2.5.- ESTANQUE AMORTIGUADOR TIPO IMPACTO

Para amortiguar la energía del flujo saliente por la tubería prevista para desagüe de fondo se proyecta la construcción de un estanque amortiguador de hormigón armado tipo impacto de dimensiones interiormente en planta 3,60 m x 2,70 m y características según planos. El vaciado se realizara en la vaguada más próxima, acondicionado la descarga en el terreno con un tramo de 5 m de escollera.

### 1.3.- Balsa D "A PEDRIZA"

#### 1.3.1.- SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA Balsa

La capacidad de la balsa será de 25.077 m<sup>3</sup> a situar en terrenos parte en monte comunal y parte de propiedad privada en la zona de "A Pedriza" entre los pueblos de Pidre y Solveira, ambos pertenecientes al término municipal de Xinzo de Limia (Orense).

Se construirá semiexcavada en el terreno aprovechando los materiales de la excavación para la formación de los taludes de terraplén.

El terraplén será de forma trapezoidal con una anchura de coronación de 5,00 m. y taludes de 2,00 en horizontal por 1,00 en vertical para el talud interior y 2,40 en horizontal por 1,00 en vertical para el talud exterior.

La altura máxima del terraplén respecto al fondo de las balsas será de 5,00 m, siendo la del agua de 4,00 m, quedando por tanto un resguardo de 1 m bajo la coronación. En dicha coronación se proyecta la construcción de un camino de 460 m de longitud y 5 m de anchura, constituido por una base de material granular seleccionado de 1 pulgada de 25 cm de espesor y una capa de zahorra de 25 cm.

El interior se impermeabilizará en su totalidad (fondo y taludes) mediante un revestimiento a base de lámina de Polietileno de alta densidad (P.E.A.D.) de 2 mm de espesor colocada sobre un geotextil de polipropileno de 280 g/m<sup>2</sup>.

Se proyecta la construcción de una línea de anclaje de la lámina a lo largo del perímetro de coronación mediante la excavación de una zanja rellena en su parte inferior de material seleccionado sobre el que se coloca una pieza de hormigón que sirve de pretil de coronación. Para evitar el levantamiento de la lámina por efecto de succión del aire el anclaje de la misma se completará con la colocación de bordillos de hormigón de 1,00 x 0,28 x 0,15 m con una separación de 25 cm, a lo largo de toda la línea de intersección talud-fondo.

Ir  provista en su fondo de una red de drenaje. Este sistema de drenaje está constituido por drenes transversales que confluyen en un dren central en forma de espina de pescado y un dren perimetral formado por dos ramas convergentes.

Todos los drenes se proyectan con tubería de PVC ranurada de 200 mm de diámetro alojada en una zanja rellena de material drenante envuelto en geotextil de 280 gr/m<sup>2</sup>. La salida de las aguas de drenaje de la balsa a través del dique se realizará a través de tres tuberías de PVC de 200 mm de diámetro embutidas en un bloque de hormigón, las cuales discurren paralelamente a las tuberías del desagüe de fondo de la balsa vertiendo sus aguas a una arqueta de control situada en la explanación habilitada en el exterior de la balsa. Para el vaciado de dicha arqueta se colocará una tubería de PVC de 300 mm de diámetro con salida al canal de evacuación del desagüe de fondo.

Las características geométricas más destacables de la balsa son:

- Cota de coronación	690,1 m
- Cota de fondo	685,1 m
- Cota del agua (N.M.N.)	689,1 m
- Resguardo sobre N.M.N.	1,00 m
- Superficie de fondo de la balsa (685,1-685,6)	5.329 m <sup>2</sup>
- Superficie lámina de agua (N.M.N.)	8.129 m <sup>2</sup>
- Superficie taludes interiores	16.124 m <sup>2</sup>
- Superficie total de ocupación balsa	14.825 m <sup>2</sup>
- Volumen del embalse (N.M.N.)	25.077 m <sup>3</sup>
- Volumen de desmonte	25.839 m <sup>3</sup>
- Volumen de terraplén	17.589 m <sup>3</sup>
- Anchura del camino de coronación	5,00 m
- Longitud arista exterior del camino de coronación	460 m
- Perímetro de la arista interior de coronación	429 m
- Superficie ocupación instalaciones	1,91 Ha
- Perímetro cierre instalaciones	667,24 m

### 1.3.2.- PLATAFORMA Y CAMINOS DE ACCESO

Se proyecta la construcción de una plataforma de zorra de 300 m<sup>2</sup> de superficie situada a la cota 684,1 donde se situará la arqueta de válvulas y la arqueta de desagüe.

Asimismo se proyecta la construcción de un camino, de acceso a la plataforma, con origen en el camino de A pedriza (Pidre-Solveira).

La longitud del camino será de 288 metros y la sección tipo tendrá una anchura de 5,00 m, 2% de bombeo, una base de material granular seleccionado de 1 pulgada de 25 cm de espesor y una capa de zorra de 25 cm. El movimiento de tierras resultante es de 890 m<sup>3</sup> de desmonte y 8020 m<sup>3</sup> de terraplén.

### 1.3.3.- ALIVIADERO

Se proyecta de hormigón armado situándose embutido en el talud de la balsa en la zona de menor altura de terraplén, con el fin de empotrarlo en el terreno natural, evitando posibles inestabilidades que pudieran surgir al construirlo sobre un talud creado artificialmente.

La solución adoptada es un aliviadero de labio fijo en pared gruesa. La disposición del aliviadero es frontal, y la sección de entrada en el mismo rectangular cuya base de 2,00 m. de longitud, coincide con el labio vertiente. (cota 689,1). En sección longitudinal, la obra está formada por cuatro partes que, de aguas arriba hacia aguas abajo, son las siguientes:

- Embocadura. Marco rectangular de 2,00 x 1,00 m.
- Canal de descarga. Tramo recto en canal abierto de dimensiones 2,00 x 1,00 m. de 5 m. de longitud y pendiente 0,27 m/m.
- Arqueta de rotura de carga de dimensiones interiores en planta 3,00 x 3,50 m., y una profundidad máxima de 3,50 metros.
- Conducción de tubería de hormigón de 500 mm de diámetro y pendiente 0,06 m/m, que parte de la arqueta de rotura de carga y finaliza en el estanque amortiguador tipo impacto en el que también lo hace la conducción de desagüe de fondo, y desde el cual se desagua libremente a un canal de restitución que conduce el agua hasta la vaguada más próxima.

La altura de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero es de 0,30 m cuando se vierte un caudal de 0,596 m<sup>3</sup>/s, correspondiente caudal de aportación de agua procedente del bombeo más el proveniente de la precipitación para un período de retorno de 500 años, quedando por tanto un resguardo total de 1,00 m. sobre el N.M.N. y de 0,70 m. sobre el N.A.P.

### 1.3.4.- ENTRADA DE AGUA, TOMA Y DESAGÜE DE FONDO

Se ha proyectado una obra de llenado de la balsa, toma de agua para riego y desagüe de fondo constituida por 3 tuberías de diámetro 800 mm que discurren paralelas y embutidas en un bloque de hormigón bajo el dique de la balsa. Las tuberías son de acero helicSoldado con

revestimiento de pintura epoxi y el bloque de hormigón en el que van embutidas tiene unas dimensiones de 1,5 metro de altura, 5,3 metros de anchura, con una longitud de 30 metros entre las arquetas del interior de la balsa hasta la arqueta de válvulas situada en una plataforma de hormigón fuera de la balsa.

La tubería de entrada de agua llega a una arqueta de hormigón armado dentro de la balsa de dimensiones interiores 2,00 x 3,00 x 2,40 m y su caudal es regulado por una válvula de clapeta colocada dentro de la arqueta de válvulas.

Las conducciones de toma y desagüe de fondo parten del interior de la balsa de una misma arqueta anexionada a la arqueta de entrada de agua y de dimensiones interiores 3,50 x 3,00 x 2,40 m y cota superior 685,10 m. y su funcionamiento queda regulado por medio de válvulas de mariposa localizadas dentro de la arqueta de válvulas, aguas abajo del dique, que permiten que sus funciones sean intercambiables, pudiendo la tubería de toma hacer las veces de desagüe de fondo y viceversa. Una vez sobrepasadas estas válvulas, ambas tuberías quedan unidas en una sola conducción que queda regulada por una válvula de clapeta que solo permite la circulación del agua en el sentido de salida de la balsa. En este mismo tramo se situará una válvula cuya función será evitar que ante una posible rotura en la red, pueda vaciarse la balsa con la posible inundación de los terrenos situados aguas abajo. Se trata de una válvula de seguridad contra inundación que actúa en función de la velocidad de paso del fluido por el interior de la misma.

Esta tubería se une un poco más adelante con la tubería de entrada en una única tubería que va a servir para transportar el agua tanto en el sentido de entrada como de salida del agua de la balsa.

La obra de desagüe de fondo se completa con una tubería de diámetro 500 mm que conducirá el agua, previo paso por debajo del camino que sirve de acceso a la balsa desde la arqueta de válvulas hasta la arqueta de desagüe en una longitud aproximada de 50 m y que será regulada mediante una válvula de mariposa.

### 1.3.5.- ELEMENTOS DE CONTROL

Situada aguas abajo del dique y en explanación anexa a la balsa, se proyecta la construcción de una plataforma de hormigón para el anclaje de las válvulas para el control y regulación del suministro de agua a la red de riego. La citada plataforma de dimensiones interiores en planta 12,40 x 6,4, y se construirá con hormigón armado de 25 cm de espesor en solera

En la cabecera de cada una de las redes de riego se colocarán las válvulas de corte de mariposa de DN = 700 mm correspondientes a cada una de las tuberías, que en un número de dos, salen de la balsa. Ambas se unen en una sola del mismo diámetro mediante una pieza de unión en forma de pantalón (Y), de donde sale la tubería para desagüe a estanque con su correspondiente válvula de corte de mariposa de DN 500 mm

Inmediatamente aguas abajo, sobre la tubería común de salida se instala una válvula de seguridad en DN 600 mm cuya función es evitar que por una posible rotura en la red aguas abajo de la misma, pueda vaciarse la balsa con la posible inundación aguas abajo. Se trata de una válvula de seguridad contra inundación que actúa en función de la velocidad de paso del fluido por el interior de la misma

Constructivamente, es una válvula de mariposa que lleva en un carrito adyacente, una paleta que detecta la velocidad del agua; ésta, a su paso, ejerce sobre la paleta una fuerza proporcional al cuadrado de la velocidad. Cuando se produce la rotura de la tubería aguas debajo de la válvula, el agua aumenta su velocidad, aumentando entonces el valor de la fuerza sobre la paleta; si esta fuerza excede del valor de tarado del muelle de regulación, la paleta se desengancha y se produce el desencadenamiento de un sistema hidráulico: un brazo con contrapesos produce el cierre de la válvula de mariposa.

Inmediatamente aguas abajo de esta, se situará una válvula anti-retorno de DN 700 mm, de manera que en la tubería de entrada a la balsa no se permita la circulación del agua en sentido descendente

En el tramo de la tubería de entrada a la balsa se situará otra válvula anti-retorno de DN 700 mm de manera que no se permita la circulación del agua en sentido descendente.

La tubería de entrada se insertará a 45° en la común de salida. A partir de esta unión se situará un tramo común que actuará bien de conducto de entrada ó bien de salida según la demanda, desde el cual se unirá a las dos redes de riego.

Todas las válvulas de corte serán de accionamiento eléctrico, sin embargo dado el poco uso que se les prevé (prácticamente, salvo avería, su uso se restringirá a dos únicas maniobras, una al finalizar la campaña y otra al comienzo de esta), no se ha tenido en cuenta el llevar ninguna línea eléctrica hasta la arqueta, estando su maniobra condicionada al empleo de un grupo electrógeno portátil.

Los dispositivos de regulación previstos para la entrada, toma de agua y desagüe para cada una de las redes se resume a continuación:

- Dos válvulas de mariposa de DN = 700 mm
- Una válvula de mariposa de DN = 500 mm
- Una válvula anti-inundaciones DN = 600 mm
- Dos válvulas de clapeta de DN = 700 mm

Las características principales y especificaciones que deberán cumplir estos elementos se especifican en el Pliego de Prescripciones Técnicas.

### **1.3.6.- ESTANQUE AMORTIGUADOR TIPO IMPACTO**

Para amortiguar la energía del flujo saliente por la tubería prevista para desagüe de fondo se proyecta la construcción de un estanque amortiguador de hormigón armado tipo impacto de dimensiones interiormente en planta 3,60 m x 2,70 m y características según planos.

El vaciado se realizara en la vaguada más próxima, acondicionado la descarga en el terreno con un tramo de 5 m de escollera previo paso por debajo del camino que sirve de acceso a la balsa (Camino Pidre-Solveira).

## **2.- CÁLCULO DE LOS VOLUMENES**

### **2.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE CÁLCULO**

Para la generación de planos y cálculos topográficos, se ha utilizado el software de oficina Autodesk Civil 3D.

Se ha importado el levantamiento topográfico existente y se ha generado un modelo digital del terreno con la máxima precisión para luego usarlo como base del proyecto de balsa.

Se ha diseñado la balsa teniendo en cuenta las limitaciones en cuanto a sección y altura máxima con la intención de conseguir la máxima capacidad de la misma teniendo en cuenta la compensación de tierras para optimizar al máximo la infraestructura. Para ello, se han creado las secciones tipo de la balsa, así como las del camino de contorno y de acceso, así como la plataforma de descarga.

A continuación, se presenta el informe del movimiento para cada una de las balsas.

#### **2.1.1.- Balsa B "A GORGOLLOZA"**

Se adjunta la tabla con los listados de volúmenes y movimiento de tierras correspondiente a la Balsa B "A Gorgoloza"

**TABLA DE VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS**

P.K.	Área Escavación (m2)	Área Terraplén (m2)	Volumen Escavación (m3)	Volumen Terraplén (m2)	Volumen Total Escavación (m3)	Volumen Total Terraplén (m3)
0+000,00	185,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0+010,00	168,43	0,00	1.768,89	0,00	1.768,89	0,00
0+020,00	145,73	0,14	1.570,79	0,72	3.339,67	0,72
0+030,00	118,33	0,00	1.320,30	0,72	4.659,97	1,43
0+040,00	81,72	0,00	1.499,39	0,00	6.159,36	1,43
0+060,00	81,09	0,00	814,07	0,00	6.973,44	1,43
0+060,00	48,40	0,30	507,51	1,49	7.480,95	2,92
0+070,00	37,04	12,52	166,45	66,34	7.647,39	69,26
0+080,00	33,60	38,10	107,69	273,14	7.755,08	342,40
0+090,00	22,52	62,87	83,14	574,01	7.838,22	916,41
0+100,00	21,12	70,96	67,06	779,26	7.906,27	1.696,68
0+110,00	19,83	72,77	56,35	834,56	7.961,63	2.530,23
0+120,00	25,17	74,01	197,24	752,89	8.158,87	3.283,12
0+130,00	29,06	73,87	271,17	739,44	8.430,04	4.022,56
0+140,00	32,10	90,63	206,44	870,00	8.636,48	4.892,66
0+150,00	27,04	106,19	170,67	1.055,23	8.806,15	5.947,78
0+170,00	19,61	103,11	125,73	1.125,96	9.080,05	8.220,14
0+180,00	18,96	98,54	106,36	1.066,56	9.186,41	9.286,70
0+190,00	16,66	101,41	97,78	1.067,12	9.284,19	10.343,83
0+200,00	17,84	87,18	98,83	991,38	9.383,02	11.335,21
0+210,00	23,57	81,28	124,26	878,30	9.507,28	12.213,51
0+220,00	29,72	70,84	168,12	794,76	9.675,40	13.008,27
0+230,00	36,30	63,88	326,12	673,61	10.000,62	13.681,88
0+240,00	35,32	60,02	353,12	619,49	10.353,64	14.301,37
0+250,00	38,99	75,73	371,56	678,74	10.725,20	14.980,11
0+260,00	39,14	70,76	390,64	732,44	11.115,84	15.712,55
0+270,00	37,33	64,47	382,34	676,15	11.498,19	16.388,70
0+280,00	36,62	66,33	364,76	699,03	11.862,94	16.987,73
0+290,00	36,04	43,58	205,08	533,90	12.068,03	17.521,63
0+300,00	41,16	26,12	105,37	384,58	12.173,40	17.906,22

0+300,00	41,16	26,12	105,37	384,58	12.173,40	17.906,22
0+310,00	49,93	12,66	129,52	206,72	12.302,92	18.112,94
0+320,00	43,13	5,11	162,80	92,58	12.465,72	18.205,52
0+330,00	53,38	1,35	201,18	33,44	12.666,90	18.238,95
0+340,00	58,38	0,29	235,97	8,46	12.902,87	18.247,41
0+350,00	70,88	0,00	466,56	1,51	13.369,43	18.248,92
0+360,00	92,61	0,00	817,43	0,00	14.186,86	18.248,92
0+370,00	117,53	0,00	1.050,68	0,00	15.237,54	18.248,92
0+380,00	143,14	0,00	1.303,35	0,00	16.540,88	18.248,92
0+390,00	175,32	0,00	1.592,31	0,00	18.133,19	18.248,92

Tabla 1 - Tabla de volúmenes y movimiento de tierras de la Balsa B "A Gorgoloza"

A continuación se adjunta la tabla con los listados de volúmenes y movimiento de tierras correspondiente a la plataforma y caminos de servicio en la Balsa B "A Gorgoloza"

**TABLA DE VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS**

P.K.	Área Escavación (m2)	Área Terraplén (m2)	Volumen Escavación (m3)	Volumen Terraplén (m3)	Volumen Total Escavación (m3)	Volumen Total Terraplén (m3)
0+000,00	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0+010,00	2,52	1,47	18,80	6,04	18,80	6,04
0+020,00	1,79	2,14	22,33	17,47	41,13	23,51
0+030,00	0,08	3,19	7,17	29,32	48,30	52,83
0+040,00	0,00	3,49	0,16	33,10	48,45	85,92
0+050,00	0,87	1,74	4,33	26,14	62,78	112,06
0+060,00	1,13	1,56	9,96	16,48	62,74	128,55
0+070,00	1,91	1,13	15,17	13,47	77,91	142,01
0+080,00	4,32	0,17	30,16	6,64	108,07	148,66
0+090,00	5,14	0,02	47,31	0,94	155,38	149,59
0+100,00	1,90	0,01	35,19	0,15	190,57	149,74
0+110,00	0,00	7,10	9,49	35,55	200,06	185,30
0+120,00	0,00	17,52	0,01	127,50	200,06	312,79
0+130,00	0,00	23,34	0,00	203,68	200,06	616,37
0+140,00	0,00	44,31	0,00	325,35	200,06	841,72
0+150,00	0,00	96,66	0,00	714,65	200,07	1.556,57

0+150,00	0,00	90,66	0,00	714,85	200,07	1.556,57
0+160,00	0,00	93,20	0,00	959,27	200,07	2.515,83
0+170,00	0,00	43,23	0,00	682,13	200,07	3.197,96
0+180,00	0,00	30,88	0,00	387,10	200,07	3.585,06
0+190,00	0,00	13,06	0,01	223,65	200,08	3.808,72
0+200,00	0,76	0,00	3,79	65,31	203,87	3.874,03
0+210,00	9,28	0,00	50,20	0,00	254,07	3.874,03
0+220,00	14,04	0,00	116,63	0,00	370,70	3.874,03
0+230,00	16,19	0,00	151,16	0,01	521,86	3.874,04
0+240,00	15,59	0,00	158,92	0,01	680,78	3.874,05
0+250,00	8,33	0,35	119,21	1,75	799,99	3.875,79
0+260,00	17,25	0,00	127,88	1,73	927,87	3.877,52
0+270,00	15,63	0,00	164,40	0,00	1.092,27	3.877,52
0+280,00	13,17	0,00	143,07	0,00	1.235,34	3.877,52
0+290,00	10,28	0,00	116,65	0,00	1.351,99	3.877,52
0+300,00	11,18	0,00	107,18	0,00	1.459,16	3.877,52
0+310,00	12,01	0,00	116,79	0,01	1.575,96	3.877,53
0+320,00	12,76	0,00	125,42	0,01	1.701,38	3.877,54
0+330,00	9,97	0,00	115,13	0,00	1.816,51	3.877,54
0+340,00	9,54	0,00	98,77	0,00	1.915,28	3.877,54
0+350,00	11,77	0,01	107,90	0,06	2.023,18	3.877,60
0+360,00	16,27	0,16	142,00	0,74	2.165,18	3.878,34
0+370,00	21,07	0,11	188,94	1,15	2.354,13	3.879,49
0+380,00	22,13	0,03	217,40	0,68	2.571,53	3.880,17
0+390,00	21,96	0,00	220,42	0,17	2.791,95	3.880,34
0+400,00	23,27	0,00	226,14	0,02	3.018,09	3.880,36
0+410,00	25,06	0,03	241,66	0,18	3.259,75	3.880,54
0+420,00	25,76	0,00	254,08	0,17	3.513,83	3.880,71
0+430,00	16,28	0,00	210,16	0,00	3.724,00	3.880,71
0+440,00	2,77	0,01	95,23	0,04	3.819,23	3.880,74
0+441,95	1,22	0,46	3,88	0,46	3.823,11	3.881,20

Tabla 2 - Tabla de volúmenes y movimiento de tierras correspondiente a la plataforma y caminos de servicio en la Balsa B "A Gorgolosa"

## 2.1.2.- BALSA C "SAN PEDRO"

Se adjunta la tabla con los listados de volúmenes y movimiento de tierras correspondiente a la Balsa C "San Pedro"

TABLA DE VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

P.K.	Área Escavación (m2)	Área Terraplén (m2)	Volumen Escavación (m3)	Volumen Terraplén (m2)	Volumen Total Escavación (m3)	Volumen Total Terraplén (m3)
0+000,00	83,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0+010,00	96,66	0,00	901,79	0,00	901,79	0,00
0+020,00	97,31	0,03	969,84	0,13	1.871,63	0,13
0+030,00	107,53	0,00	1.024,15	0,13	2.895,78	0,25
0+040,00	84,00	0,00	957,65	0,00	3.853,42	0,25
0+050,00	78,18	0,00	810,90	0,00	4.664,33	0,25
0+060,00	79,85	0,00	790,15	0,00	5.454,48	0,25
0+070,00	68,85	0,00	743,50	0,00	6.197,98	0,25
0+080,00	43,76	3,07	563,03	15,37	6.761,01	15,62
0+090,00	23,86	15,26	242,56	94,14	7.003,56	109,76
0+100,00	17,52	27,66	57,62	230,91	7.061,18	340,67
0+110,00	15,04	48,06	39,12	417,17	7.100,31	757,83
0+120,00	13,51	61,95	30,25	626,02	7.130,55	1.383,85
0+130,00	14,22	79,77	28,40	853,21	7.158,95	2.237,06
0+140,00	19,93	93,14	150,00	894,99	7.308,95	3.132,06
0+150,00	27,59	88,24	237,58	906,91	7.546,53	4.038,97
0+160,00	30,23	100,22	289,10	942,31	7.835,63	4.981,28
0+170,00	31,55	91,41	233,04	1.000,28	8.068,67	5.981,56
0+180,00	35,86	87,59	246,14	930,27	8.314,81	6.911,83
0+190,00	34,96	83,00	255,14	889,07	8.569,94	7.800,90
0+200,00	36,91	84,14	258,96	872,59	8.828,90	8.673,49
0+210,00	37,57	76,02	272,05	835,91	9.100,95	9.509,40
0+220,00	41,69	74,63	292,25	787,18	9.393,20	10.296,58
0+230,00	45,76	73,33	322,48	775,04	9.715,68	11.071,61
0+240,00	51,83	67,43	385,66	730,53	10.101,34	11.802,14

0+250,00	47,39	62,70	496,09	650,65	10.597,44	12.452,79
0+260,00	41,08	63,88	442,34	632,91	11.039,78	13.085,71
0+270,00	34,52	67,17	378,00	655,27	11.417,78	13.740,98
0+280,00	33,08	67,13	338,03	671,53	11.755,81	14.412,51
0+290,00	26,14	67,49	296,10	673,10	12.051,91	15.085,61
0+300,00	22,01	71,59	240,71	695,41	12.292,62	15.781,01
0+310,00	24,09	61,53	230,50	665,61	12.523,11	16.446,62
0+320,00	26,68	47,45	253,86	544,88	12.776,98	16.991,50
0+330,00	31,82	30,78	227,65	422,01	13.004,63	17.413,51
0+340,00	32,77	13,57	112,46	264,67	13.117,09	17.678,18
0+350,00	49,16	3,28	149,11	101,34	13.266,20	17.779,52
0+360,00	73,07	0,00	227,82	23,64	13.494,02	17.803,15
0+370,00	72,53	0,00	305,64	0,00	13.799,66	17.803,15
0+380,00	61,13	0,00	400,51	0,00	14.200,17	17.803,15
0+390,00	46,19	0,83	536,61	4,17	14.736,78	17.807,32
0+400,00	42,33	4,49	442,61	26,60	15.179,39	17.833,93
0+410,00	44,14	1,88	432,33	31,86	15.611,72	17.865,78
0+420,00	50,97	1,54	475,52	17,11	16.087,25	17.882,89
0+430,00	62,96	0,11	569,63	8,26	16.656,88	17.891,15
0+440,00	72,15	0,00	675,55	0,57	17.332,43	17.891,73
0+450,00	75,83	0,01	739,92	0,05	18.072,35	17.891,78

Tabla 3 - Tabla de volúmenes y movimiento de tierras de la Balsa C "San Pedro"

A continuación se adjunta la tabla con los listados de volúmenes y movimiento de tierras correspondiente a la plataforma y caminos de servicio en la Balsa C "San Pedro"

TABLA DE VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

P.K.	Área Escavación (m2)	Área Terraplén (m2)	Volumen Escavación (m3)	Volumen Terraplén (m2)	Volumen Total Escavación (m3)	Volumen Total Terraplén (m3)
0+000,00	0,55	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
0+010,00	1,09	0,00	8,02	0,07	8,02	0,07
0+020,00	1,28	0,03	11,73	0,17	19,75	0,25
0+030,00	1,31	0,39	12,98	2,10	32,73	2,34
0+040,00	0,00	4,46	6,91	23,58	39,64	25,93
0+050,00	0,00	6,00	0,00	51,30	39,64	77,23
0+062,00	26,27	9,86	157,64	95,18	197,28	172,40
0+070,00	32,14	5,13	233,58	59,97	430,86	232,37
0+076,63	32,20	3,26	213,22	27,81	644,08	260,18
0+090,00	0,00	3,74	207,95	47,04	852,03	307,21
0+100,00	0,00	0,51	0,00	24,80	852,03	332,01
0+110,00	1,05	0,52	6,60	4,69	858,63	336,70
0+120,00	0,00	6,17	5,94	31,31	864,57	368,01
0+130,00	0,00	10,94	0,00	85,51	864,57	453,52
0+140,00	0,00	7,45	0,00	91,92	864,57	545,44

Tabla 4 - Tabla de volúmenes y movimiento de tierras correspondiente a la plataforma y caminos de servicio en la Balsa C "San Pedro"

### 2.1.3.- BALSA D "A PEDRIZA"

Se adjunta la tabla con los listados de volúmenes y movimiento de tierras correspondiente a la Balsa D "A Pedriza"

TABLA DE VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

P.K.	Área Escavación (m2)	Área Terraplén (m2)	Volumen Escavación (m3)	Volumen Terraplén (m3)	Volumen Total Escavación (m3)	Volumen Total Terraplén (m3)
0+000,00	75,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0+010,00	60,61	2,88	678,71	14,43	678,71	14,43
0+020,00	57,26	2,46	589,36	26,73	1.268,06	41,16
0+030,00	66,70	5,22	619,80	38,41	1.887,86	79,57
0+040,00	64,13	4,62	654,17	49,19	2.542,04	128,76
0+050,00	64,46	9,15	-10,89	74,89	2.531,14	203,66
0+060,00	63,69	33,10	-178,49	231,53	2.352,65	435,18
0+070,00	56,41	46,56	257,82	414,05	2.610,47	849,23
0+080,00	42,15	57,46	492,80	520,12	3.103,27	1.369,35
0+090,00	24,39	60,20	332,70	588,27	3.435,97	1.957,62
0+100,00	26,86	53,15	-36,00	640,55	3.399,97	2.598,17
0+110,00	29,33	55,94	-116,97	639,70	3.283,00	3.237,87
0+120,00	31,87	64,97	140,95	651,54	3.423,96	3.889,41
0+130,00	30,38	84,87	311,22	749,21	3.735,17	4.638,62
0+140,00	29,88	90,41	301,28	876,41	4.036,45	5.515,03
0+150,00	26,61	84,17	282,42	872,89	4.318,87	6.387,92
0+160,00	44,03	58,68	339,02	719,25	4.657,89	7.107,17
0+170,00	59,87	66,69	519,50	626,85	5.177,39	7.734,02
0+180,00	49,65	80,77	547,59	737,33	5.724,98	8.471,35
0+190,00	62,80	70,00	562,24	753,85	6.287,22	9.225,20
0+200,00	63,53	73,95	631,65	719,72	6.918,87	9.944,92
0+210,00	57,43	89,84	604,80	818,91	7.523,67	10.763,83

0+220,00	49,57	90,84	535,02	903,37	8.058,70	11.667,20
0+230,00	47,26	97,32	484,15	940,78	8.542,85	12.607,98
0+240,00	49,60	86,00	484,30	916,58	9.027,15	13.524,56
0+250,00	53,73	66,91	516,65	764,55	9.543,80	14.289,11
0+260,00	56,97	47,88	120,53	645,10	9.664,33	14.934,20
0+270,00	60,28	39,23	99,72	485,15	9.764,06	15.419,35
0+280,00	67,04	43,82	120,16	481,08	9.884,21	15.900,43
0+290,00	94,96	33,54	725,50	396,53	10.609,71	16.296,96
0+300,00	113,77	43,09	1.043,64	383,19	11.653,35	16.680,15
0+310,00	107,18	26,78	-275,48	476,60	11.377,87	17.156,75
0+320,00	125,66	0,00	-137,32	174,23	11.240,55	17.330,98
0+330,00	165,13	0,00	723,41	0,00	11.963,96	17.330,98
0+340,00	174,46	0,00	1.697,95	0,00	13.661,90	17.330,98
0+350,00	187,64	0,00	1.810,48	0,00	15.472,39	17.330,98
0+360,00	196,92	0,00	1.922,78	0,00	17.395,17	17.330,98
0+370,00	202,51	0,00	1.997,15	0,00	19.392,32	17.330,98
0+380,00	107,84	0,00	1.551,77	0,00	20.944,09	17.330,98
0+390,00	83,67	18,89	957,53	94,44	21.901,61	17.425,42
0+400,00	120,94	5,83	1.023,04	123,57	22.924,65	17.548,99
0+410,00	96,70	0,99	1.088,22	34,09	24.012,87	17.583,09
0+420,00	97,46	0,00	970,82	4,96	24.983,69	17.588,05
0+430,00	73,65	0,28	855,57	1,40	25.839,26	17.589,45

Tabla 5 - Tabla de volúmenes y movimiento de tierras de la Balsa D "A Pedriza"

TABLA DE VOLUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

P.K.	Área Escavación (m2)	Área Terraplén (m2)	Volumen Escavación (m3)	Volumen Terraplén (m3)	Volumen Total Escavación (m3)	Volumen Total Terraplén (m3)
0+000,00	0,80	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
0+010,00	11,38	0,00	59,92	0,52	59,92	0,52
0+020,00	16,27	0,00	138,29	0,00	198,20	0,52
0+030,00	11,94	0,00	141,06	0,00	339,27	0,52
0+040,00	6,76	0,06	93,47	0,30	432,73	0,82
0+050,00	2,24	1,44	44,99	7,50	477,73	8,31
0+060,00	0,02	6,86	11,32	41,49	489,04	49,80
0+070,00	0,00	15,81	0,10	113,32	489,14	163,12
0+083,77	0,00	69,09	0,00	584,61	489,14	747,73
0+090,00	0,00	61,77	0,00	407,51	489,14	1.155,24
0+097,43	0,00	52,66	0,00	425,25	489,14	1.580,48
0+110,00	0,00	8,74	0,00	385,79	489,14	1.966,28
0+120,00	0,00	9,54	0,00	92,34	489,14	2.058,62
0+130,00	0,00	6,89	0,00	82,13	489,14	2.140,74
0+140,00	0,09	2,34	0,43	46,16	489,57	2.186,90
0+150,00	0,00	17,57	0,43	99,55	490,00	2.288,45
0+160,00	0,00	50,90	0,00	342,31	490,00	2.628,76
0+170,00	0,00	48,60	0,00	497,48	490,00	3.126,24
0+180,00	0,00	34,94	0,00	417,70	490,00	3.543,95
0+190,00	0,00	19,83	0,00	273,83	490,00	3.817,78
0+200,00	0,00	16,31	0,00	184,87	490,00	4.002,65
0+210,00	0,00	32,42	0,00	252,13	490,00	4.254,78
0+220,00	0,00	59,21	0,00	526,07	490,00	4.780,86
0+230,00	0,00	62,00	0,00	626,02	490,00	5.406,88
0+240,00	0,00	66,64	0,00	643,18	490,00	6.050,06
0+250,00	0,00	65,93	0,00	662,84	490,00	6.712,90
0+260,00	0,00	58,39	0,00	621,58	490,00	7.334,49
0+270,00	0,00	29,42	0,00	499,47	490,00	7.833,96
0+280,00	0,00	5,75	0,00	186,28	490,00	8.020,24

Tabla 6 - Tabla de volúmenes y movimiento de tierras correspondiente a la plataforma y caminos de servicio en la Balsa D "A Pedriza"

### 3.- SUPERFICIACION Y CUBICACION DEL EMBALSE

#### 3.1.- METODOLOGIA.

Para la realización de las mediciones destinadas al cálculo del volumen de agua embalsado se han obtenido las superficies correspondientes a cada cota por medición mediante planímetro digital sobre el plano del embalse.

A partir de las citadas mediciones se obtiene el correspondiente listado cota - superficie, así como la representación gráfica de la curva altura – superficie.

Partiendo de la superficie obtenida anteriormente se procede a la cubicación del embalse. Para ello, se ha preferido la aplicación del método de evaluación aritmética.

Según el citado método el volumen entre dos curvas de nivel está comprendido entre un valor por exceso y un valor por defecto:

- Valor ligeramente en exceso:

$$V(h+1) - V(h) = \frac{S(h+1) + S(h)}{2} \cdot e$$

- Valor ligeramente en defecto:

$$V(h+1) - V(h) = \frac{S(h+1) + 2S(h)}{3} \cdot e$$

por tanto:

$$\left( \frac{S(h+1) + 2S(h)}{3} \cdot e \right) < V(h+1) - V(h) < \left( \frac{S(h+1) + S(h)}{2} \cdot e \right)$$

siendo:

S (h): Superficie correspondiente a la curva de nivel de altura h (m<sup>2</sup>).

V(h): Volumen correspondiente a la altura h (m<sup>3</sup>).

e: Equidistancia entre curvas de nivel (m).

El volumen medio comprendido entre dos curvas de nivel consecutivas se aproxima a la semisuma de los valores en exceso y en defecto, es decir:

$$V(h+1) + V(h) = \left[ \frac{S(h+1) + 2S(h)}{3} + \frac{S(h+1) + S(h)}{2} \right] \cdot e \cdot \frac{1}{2}$$

y operando, se tiene:

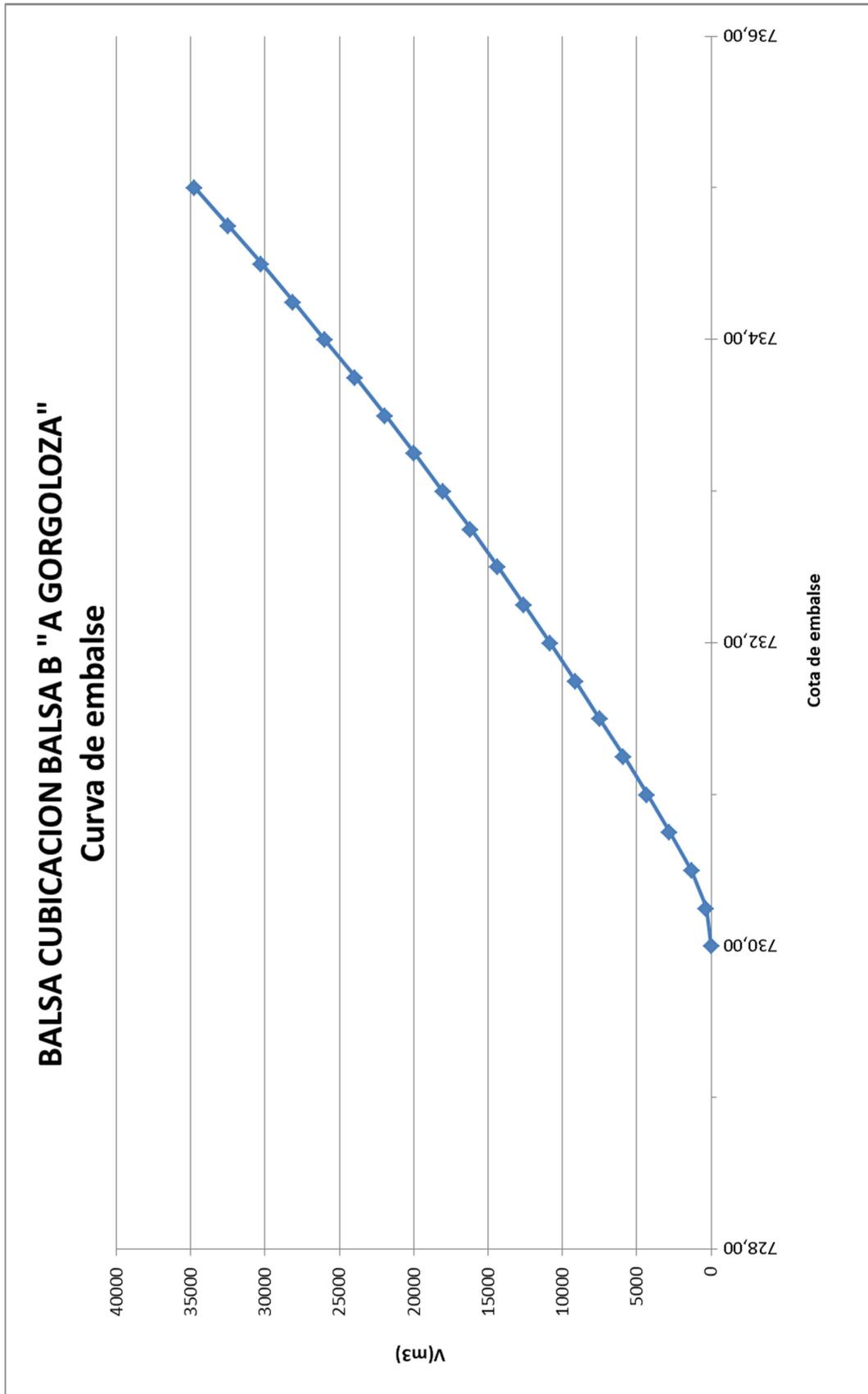
$$\Delta = \frac{5S(h+1) + 7S(h)}{12} \cdot e$$

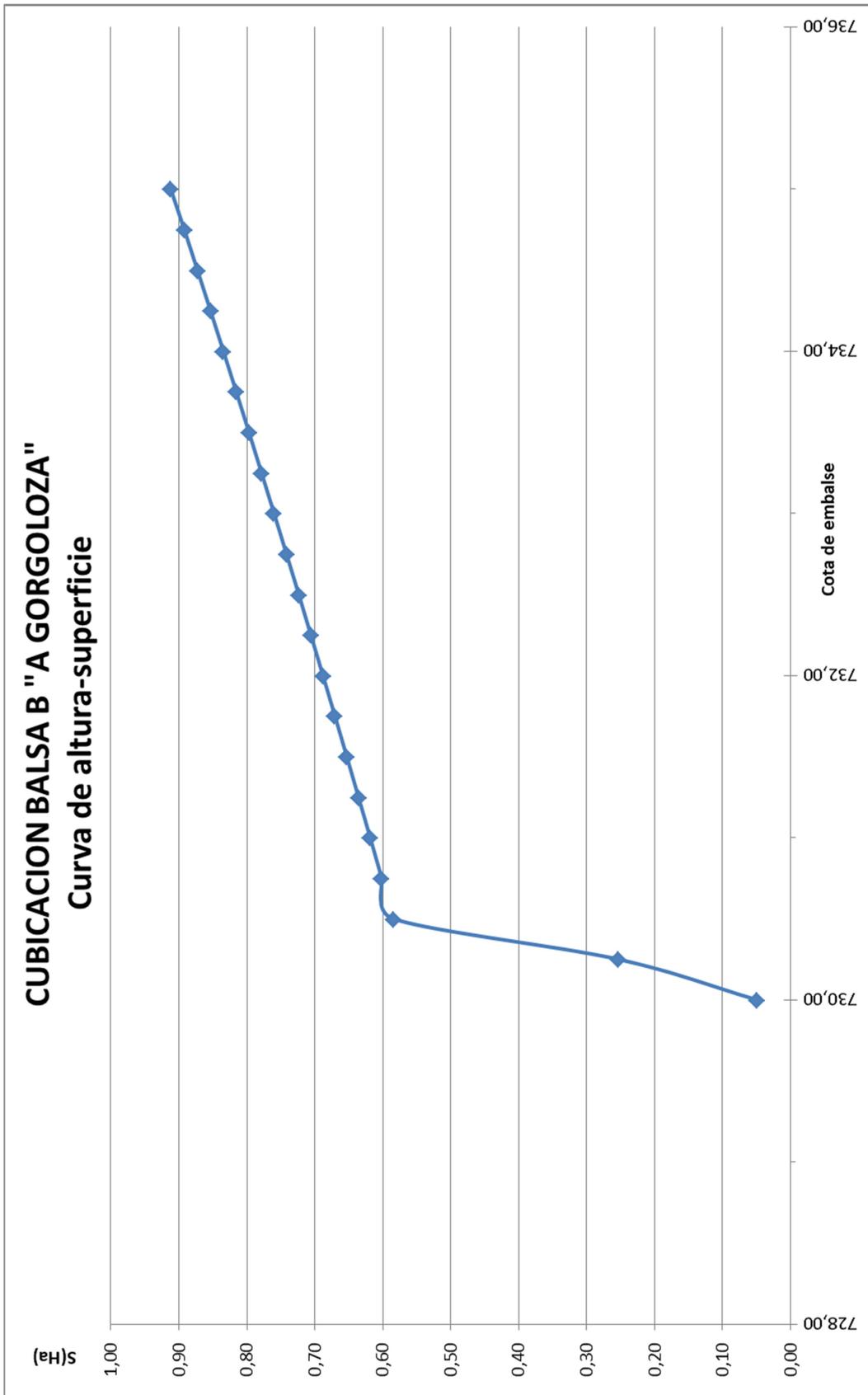
Los resultados obtenidos se exponen a continuación.

### 3.2.- RESULTADOS PARA LA Balsa B "A GORGOLOZA"

#### CUBICACION Balsa SECTOR AB "A GORGOLOZA"

Cota	Altura (m)	S (km <sup>2</sup> )	S (ha)	V <sub>acum</sub> (Hm <sup>3</sup> )	V <sub>acum</sub> (m <sup>3</sup> )
730,00	0,00	0,0005	0,0503	0,000	0,00
730,25	0,25	0,0025	0,2543	0,000	338,18
730,50	0,50	0,0058	0,5849	0,001	1318,31
730,75	0,75	0,0060	0,6017	0,003	2798,12
731,00	1,00	0,0062	0,6187	0,004	4320,20
731,25	1,25	0,0064	0,6359	0,006	5884,92
731,50	1,50	0,0065	0,6531	0,007	7492,62
731,75	1,75	0,0067	0,6706	0,009	9143,65
732,00	2,00	0,0069	0,6882	0,011	10838,52
732,25	2,25	0,0071	0,7060	0,013	12577,60
732,50	2,50	0,0072	0,7239	0,014	14361,23
732,75	2,75	0,0074	0,7420	0,016	16189,74
733,00	3,00	0,0076	0,7602	0,018	18063,65
733,25	3,25	0,0078	0,7786	0,020	19983,35
733,50	3,50	0,0080	0,7971	0,022	21949,17
733,75	3,75	0,0082	0,8158	0,024	23961,48
734,00	4,00	0,0083	0,8347	0,026	26020,75
734,25	4,25	0,0085	0,8538	0,028	28127,38
734,50	4,50	0,0087	0,8729	0,030	30281,76
734,75	4,75	0,0089	0,8923	0,032	32484,29
735,00	5,00	0,0091	0,9123	0,035	34735,91

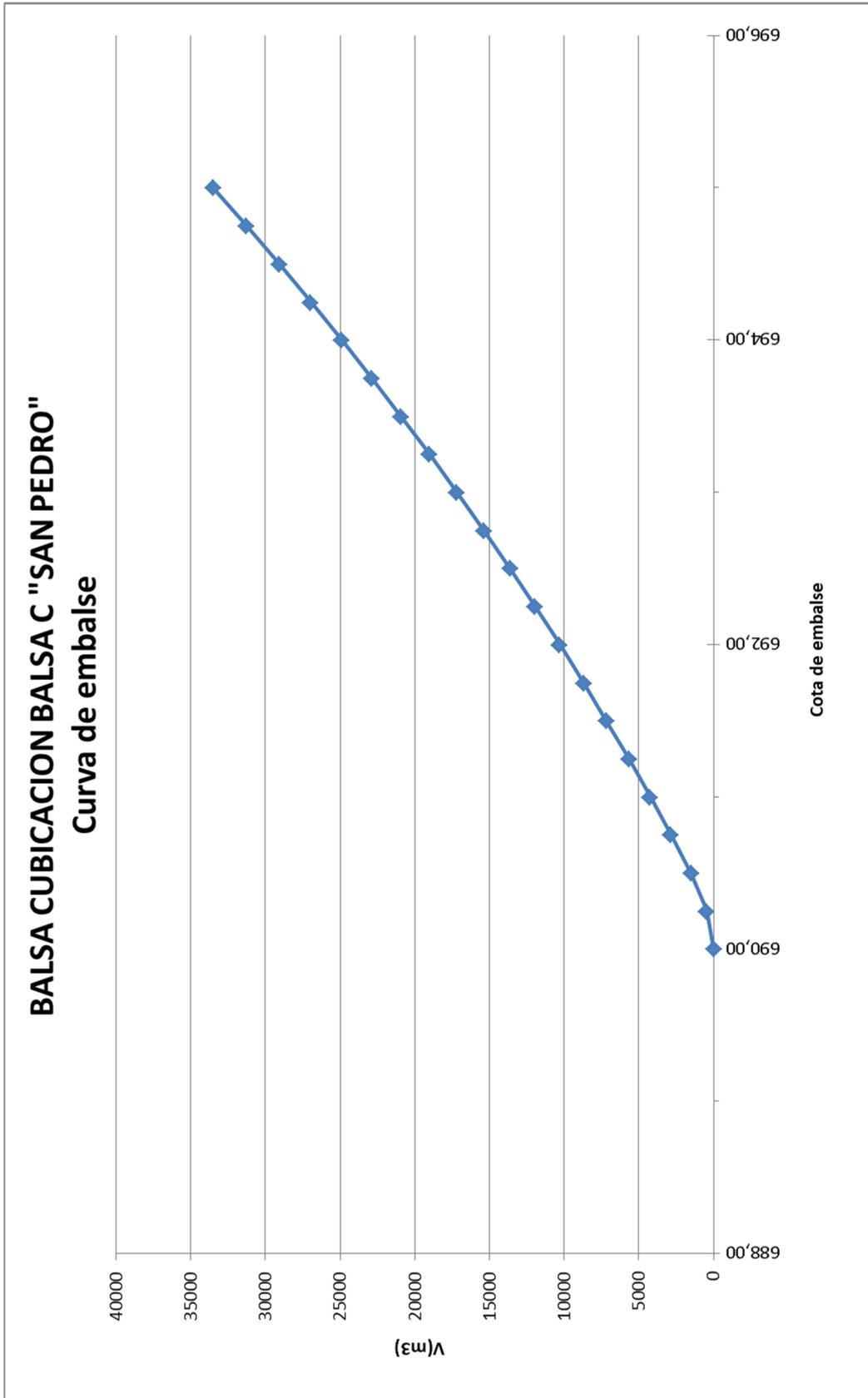


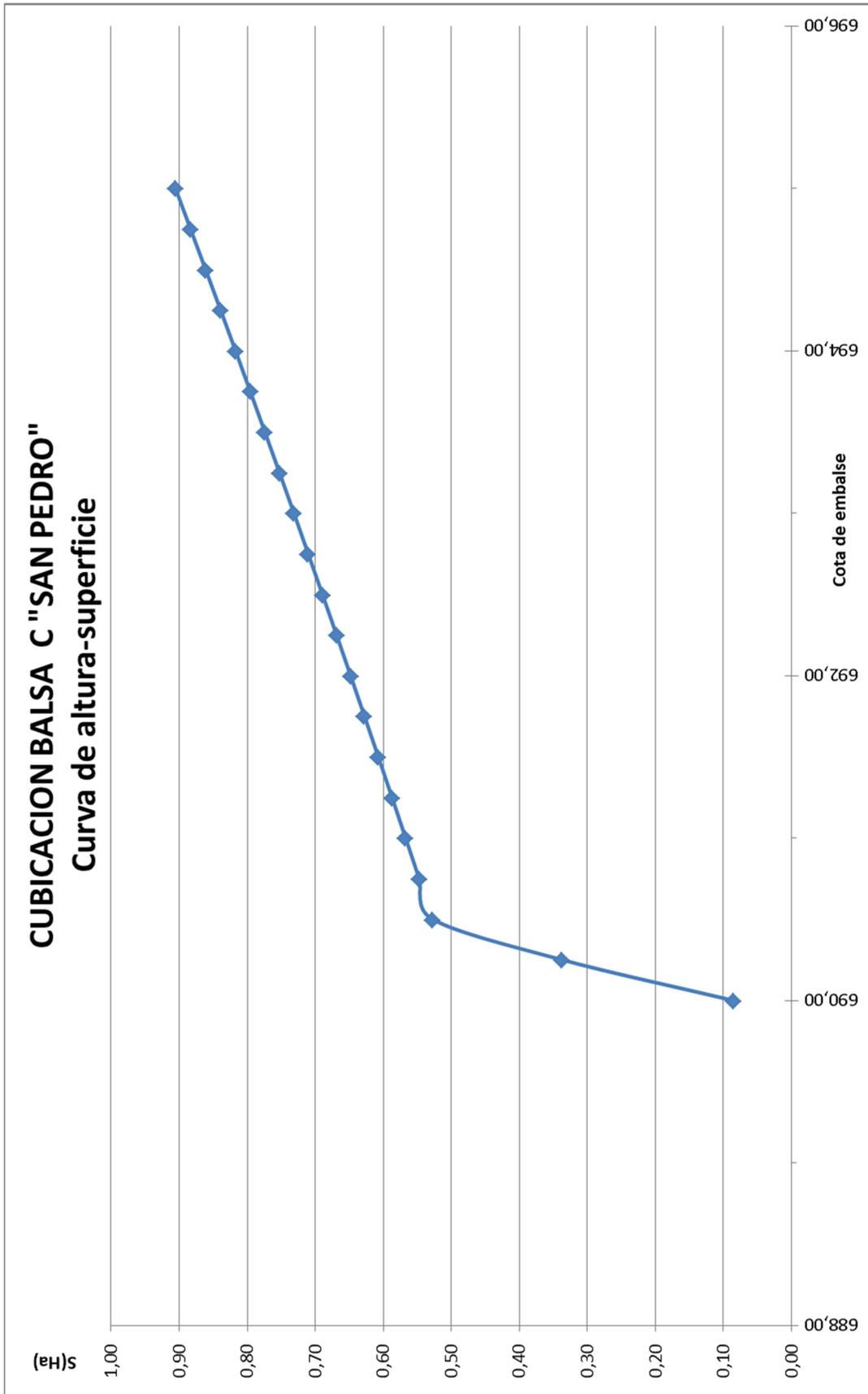


### 3.3.- RESULTADOS PARA LA BALSA C "SAN PEDRO"

*CUBICACION BALSA C "SAN PEDRO"*

Cota	Altura (m)	S (km <sup>2</sup> )	S (ha)	V <sub>acum</sub> (Hm <sup>3</sup> )	V <sub>acum</sub> (m <sup>3</sup> )
690,00	0,00	0,0009	0,0862	0,000	0,00
690,25	0,25	0,0034	0,3373	0,000	477,08
690,50	0,50	0,0053	0,5278	0,002	1518,82
690,75	0,75	0,0055	0,5475	0,003	2858,89
691,00	1,00	0,0057	0,5674	0,004	4248,35
691,25	1,25	0,0059	0,5874	0,006	5687,60
691,50	1,50	0,0061	0,6075	0,007	7177,04
691,75	1,75	0,0063	0,6279	0,009	8717,06
692,00	2,00	0,0065	0,6482	0,010	10307,93
692,25	2,25	0,0067	0,6689	0,012	11949,99
692,50	2,50	0,0069	0,6897	0,014	13643,80
692,75	2,75	0,0071	0,7106	0,015	15389,75
693,00	3,00	0,0073	0,7316	0,017	17188,10
693,25	3,25	0,0075	0,7528	0,019	19039,17
693,50	3,50	0,0077	0,7742	0,021	20943,56
693,75	3,75	0,0080	0,7958	0,023	22901,66
694,00	4,00	0,0082	0,8174	0,025	24913,70
694,25	4,25	0,0084	0,8393	0,027	26979,99
694,50	4,50	0,0086	0,8613	0,029	29101,16
694,75	4,75	0,0088	0,8835	0,031	31277,61
695,00	5,00	0,0091	0,9057	0,034	33509,54

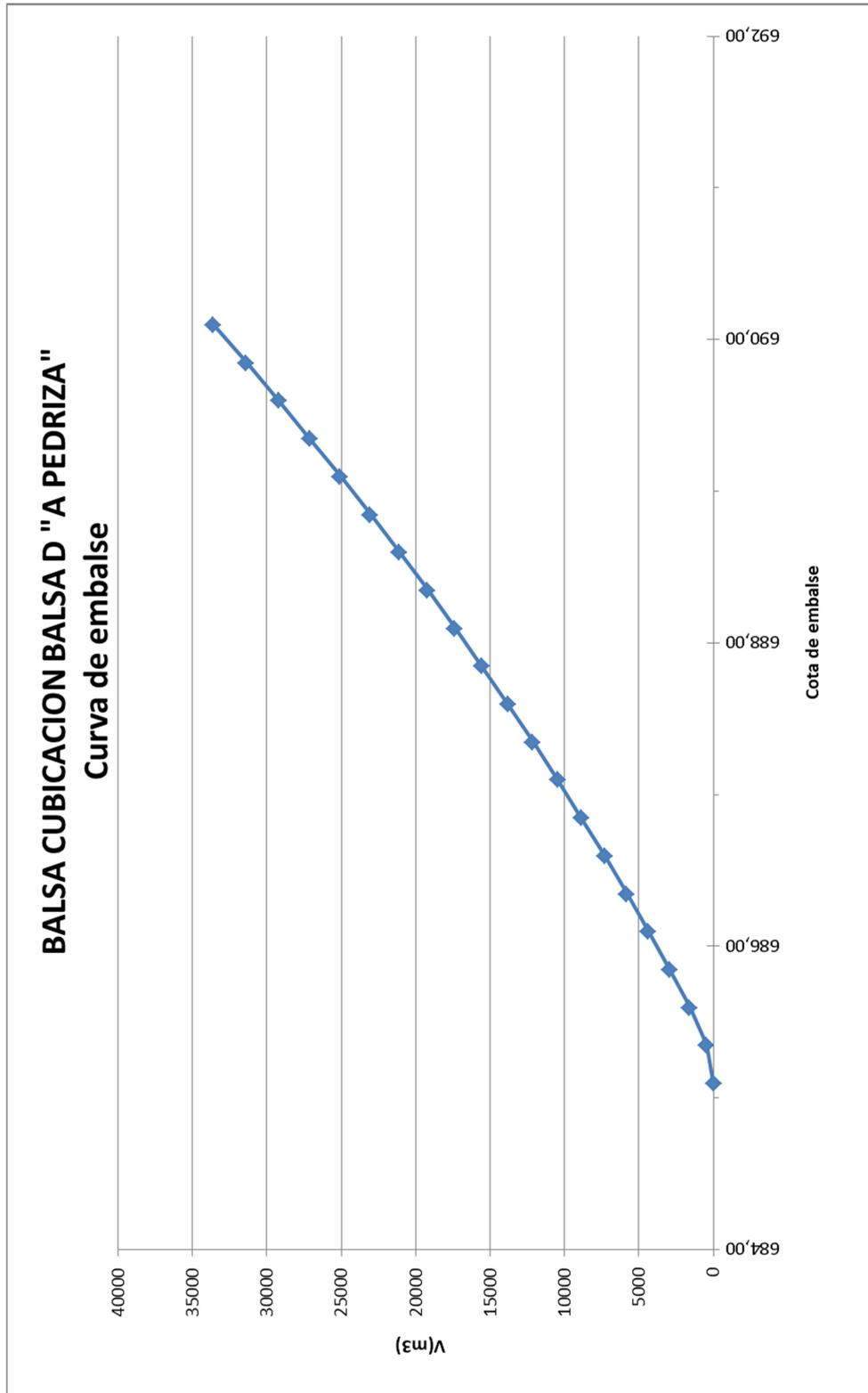


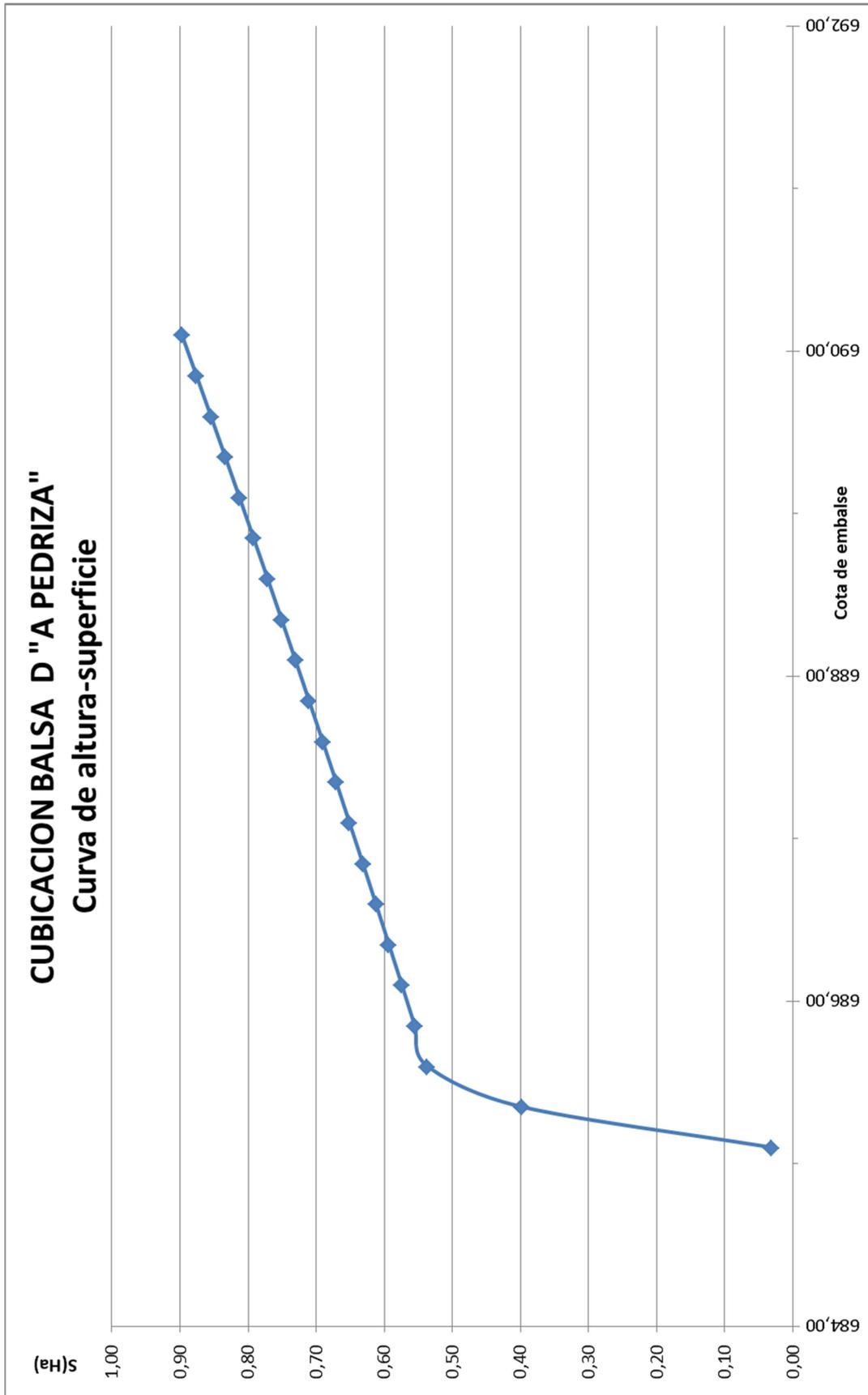


### 3.4.- RESULTADOS PARA LA Balsa D "A PEDRIZA"

#### CUBICACION Balsa D "A PEDRIZA"

Cota	Altura (m)	S (km <sup>2</sup> )	S (ha)	V <sub>acum</sub> (Hm <sup>3</sup> )	V <sub>acum</sub> (m <sup>3</sup> )
685,10	0,00	0,0003	0,0322	0,000	0,00
685,35	0,25	0,0040	0,3987	0,000	462,21
685,60	0,50	0,0054	0,5369	0,002	1602,91
685,85	0,75	0,0056	0,5556	0,003	2964,68
686,10	1,00	0,0057	0,5744	0,004	4373,32
686,35	1,25	0,0059	0,5934	0,006	5829,23
686,60	1,50	0,0061	0,6126	0,007	7332,80
686,85	1,75	0,0063	0,6319	0,009	8884,43
687,10	2,00	0,0065	0,6514	0,010	10484,51
687,35	2,25	0,0067	0,6710	0,012	12133,46
687,60	2,50	0,0069	0,6908	0,014	13831,65
687,85	2,75	0,0071	0,7108	0,016	15579,49
688,10	3,00	0,0073	0,7309	0,017	17377,38
688,35	3,25	0,0075	0,7512	0,019	19225,70
688,60	3,50	0,0077	0,7716	0,021	21124,87
688,85	3,75	0,0079	0,7922	0,023	23075,26
689,10	4,00	0,0081	0,8129	0,025	25077,28
689,35	4,25	0,0083	0,8338	0,027	27131,33
689,60	4,50	0,0085	0,8549	0,029	29237,80
689,85	4,75	0,0088	0,8761	0,031	31397,08
690,10	5,00	0,0090	0,8975	0,034	33609,57





## 4.- CALCULO HIDRAULICO DE LOS ELEMENTOS DE LA Balsa B

### 4.1.- ANCHURA DE CORONACION Y RESGUARDO

#### 4.1.1.- DATOS DE PARTIDA

Los parámetros principales de la balsa, fijados a partir de los datos expuestos en el punto 1 de este anexo, son:

$$\text{Volumen de Balsa} = 26.020 \text{ m}^3$$

$$\text{Cota N.M.N.} = 734,00 \text{ m}$$

$$\text{Superficie a N.M.N.} = 8.347 \text{ m}^2.$$

Estos parámetros servirán para fijar la altura del dique y el Fetch, necesarios para el dimensionamiento de estos primeros elementos de la Balsa.

#### 4.1.2.- ANCHURA DE CORONACIÓN

De acuerdo con el artículo 55.2 de la Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas (IPCEGP), la anchura mínima de coronación correspondiente a las zonas de sismicidad baja viene dada por la expresión:

$$C = 3 + 1,5\sqrt[3]{A - 15}$$

siendo:

$$C = \text{Anchura de coronación (m)}$$

$$A = \text{Altura máxima de la presa (m)}$$

Dado que en nuestro caso  $A = 5 \text{ m} < 15 \text{ m}$  el ancho mínimo de coronación sería de 3,0 m, adoptándose  $C = 5,0 \text{ m}$ , suficiente para disponer en la misma de un camino de servicio.

#### 4.1.3.- RESGUARDO

Para el cálculo del resguardo se aplicará la fórmula que figura en el art. 55.6 de la IPCEGP. Según esto, el resguardo total será la suma del sobrealto de máxima crecida más vez y media como mínimo la altura de la máxima ola posible originada por el viento.

La altura máxima del oleaje puede establecerse con la siguiente expresión:

$$h = 0,90\sqrt[4]{L}$$

Siendo: h: altura máxima del oleaje

L: longitud máxima del embalse en Km.

Para una longitud máxima del embalse de 140 m, se traduce en una altura máxima del resguardo de:

$$h = 0,55m$$

Del lado de la seguridad, se adopta resguardó  $R = 1,00$  m. La cota de coronación de la balsa será por tanto

$$C.C. = N.M.N + R = 734,00 + 1,00 = 735,00m$$

## 4.2.- ALIVIADERO

### 4.2.1.- CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO

Se considera el caudal máximo que se podría producir con coincidencia de la precipitación máxima previsible para un período de retorno de 500 años, la balsa llena y un fallo en el sistema de parada de llenado de la balsa.

#### 4.2.1.1 Precipitaciones

El análisis está basado en los datos que nos proporciona el observatorio termopluviométrico de Xinzo de Limia -1735. Dicho observatorio se encuentra a  $42^{\circ}$ ,  $06'$  de latitud N y  $7^{\circ}$ ,  $43'$  de longitud W., a una altitud sobre el nivel del mar de 616 m.

Datos generales estación meteorológica Xinzo de Limia					
Clave	Tipo	Altitud	Coordenadas UTM ETRS89		Orientación
			X	Y	
1735	Estación termopluviométrica	616	606.030	4.661.872	W

$$X_{500} = 122,18 \text{ mm/24 h}$$

El aguacero máximo para una hora de duración con este período de retorno tendrá una intensidad:

$$I_h = 0,386 X_{24} = 0,386 \times 122,18 = 47,16 \text{ mm/h}$$

El cual cayendo sobre una superficie de lámina de agua de  $8.347 \text{ m}^2$  correspondiente a la cota de N.M.N. de la balsa, equivale a un caudal de:

$$Q_1 = 47,16 \times 8.347 \times 10^{-3} / 3600 = 0,109 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.2.1.2 Caudal aportado por las bombas

El caudal de aportación de agua procedente del bombeo será normalmente de  $0,746 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q_2 = 0,746 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.2.1.3 Caudal a evacuar por el aliviadero

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0,109 + 0,746 = 0,855 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 4.2.2.- DESCARGA SOBRE EL VERTEDERO

El caudal que puede entrar por el labio vertiente viene dado por la conocida fórmula de Rehbock:

$$Q = C_o \cdot L \cdot H^{3/2}$$

Siendo:

Co: Coeficiente de desagüe del vertedero

L: Longitud del vertedero (m)

H: Altura de vertido (m)

El coeficiente de desagüe (Co), por tratarse de un vertedero en pared gruesa, se puede evaluar cómo:

$$C_o = m \sqrt{2g} \quad \text{con} \quad m = 0,40$$

$$C_o = 0,40 \sqrt{2g} = 1,76 \sim 1,8$$

Fijados como datos de partida los siguientes:

- Caudal de cálculo 0,855 m<sup>3</sup>/s
- Altura de vertido 0,30m < altura de resguardo

- Coeficiente de desagüe : 1,80
- Cota de labio vertiente 734,00 m.
- Disposición Frontal

la longitud necesaria del vertedero será:

$$L = \frac{Q}{C_o \cdot H^{3/2}} = \frac{0.855}{1,80 \times 0,30^{3/2}} = 2.89m$$

Se adopta  $L = 3,00$  m. Se proyecta un aliviadero en pared gruesa de sección de arranque  $3,00 \times 0,30$  m

#### 4.2.3.- SECCIÓN CRÍTICA. ARRANQUE DEL CANAL DE DESCARGA.

La sección de arranque del canal de descarga funcionará como sección rectangular de control, debiendo tener una cota determinada para que sea capaz de "tragar" el caudal que entra por el labio vertiente.

Las condiciones hidráulicas de partida en la sección crítica (sección PR0+000) son:

- Caudal específico:  $q = \frac{Q}{B} = \frac{0,855}{3,00} = 0,285m^3 / sg.ml$

- Calado :  $Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = 0,20m$

- Velocidad :  $V_c = \frac{q}{y_c} = 1,41m / sg$

- Altura de velocidad:  $h_{v_c} = \frac{V_c^2}{2g} = 0,10m$

#### 4.2.4.- CANAL DE DESCARGA

##### 4.2.4.1 Datos de partida

Caudal de cálculo	0,855 m <sup>3</sup> /sg
Longitud	29,50 m.
Anchura	3,00 m.
Pendiente	0,020 m/m

La pendiente crítica será:

$$J_c = \frac{n^2 \cdot v_c^2}{(R_h)^{4/3}}$$

Siendo:

$$n = 0,014$$

$$Sc = 3,0 \times 0,20 = 0,607 m^2$$

$$Pc = 3,0 + (2 \times 0,20) = 3,40 m$$

$$R_H = \frac{Sc}{Pc} = 0,18 m$$

$$Jc = 0,004 m / m$$

lo cual implica que si a partir de la sección crítica se da al canal de descarga una pendiente  $J > Jc$  se asegurará el régimen supercrítico hasta el final del mismo, por lo que el calado en el mismo irá disminuyendo.

##### 4.2.4.2 Método de comprobación

Para dibujar el perfil de la línea de agua a lo largo de todo el canal de descarga se seguirá el denominado Standard Step Method descrito en la obra "Open Channel Hydraulics" de Ven Te Chow.

Las condiciones hidráulicas de partida en la sección crítica (sección PR0+000) han quedado definidas en el apartado anterior.

El régimen supercrítico a partir de esta sección queda asegurado debido a que la pendiente adoptada ( $J = 0,020$  m/m) es mucho mayor que la pendiente crítica ( $J_c = 0,004$  m/m).

Partiendo de estos valores, se calculan en sentido hacia aguas abajo los sucesivos descensos de nivel de la superficie libre del agua teniendo en cuenta las pérdidas debidas a fricción, mediante la expresión:

$$H_1 = H_2 + h_f + h_e$$

donde  $H_1$  y  $H_2$  son las alturas totales de energía en las secciones tomadas:

$$H_1 = Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g}$$

$$H_2 = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g}$$

y  $h_f$  y  $h_e$  son respectivamente las pérdidas debidas a fricción y las debidas a remolinos, no teniéndose en cuenta éstas últimas.

Realizando el cálculo por tramos de 5 m. de longitud, se obtienen los resultados que figuran en el cuadro que se incluye a continuación.

CANAL DE DESCARGA : CALCULO DE LA LINEA DE AGUA																			
STANDART STEP METHOD																			
CAUDAL DE CALCULO 0,96 m <sup>3</sup> /s																			
TRAMOS PENDIENTES (So)/(mm) n																			
TRAMO-1 0,02 0,014																			
TRAMO	SECCION	PR	COTA	DISTANCIA	CALADO	Z	BASE	TALUD	AREA	PERIMETRO	R. HIDRAUL.	R <sup>4</sup> /3	VELOCIDAD	HV	Sf	Med Sf	H1	hf	H2
			C	X	Y		B	T	A	P	R		V	V <sup>2</sup> /2g			Z1+HV1	Sf * X	H1-Sf
	1	1+000	734,00	-	0,20	734,20	3,00	0	0,6	3,4	0,176	0,099	1,43	0,10	0,00403	-	734,304	-	-
	2	1+005	733,90	5,00	0,14	734,04	3,00	0	0,41	3,27	0,125	0,083	2,09	0,22	0,01567	0,00885	734,259	0,04425	734,259
	3	1+010	733,80	5,00	0,13	733,93	3,00	0	0,3825	3,255	0,118	0,058	2,24	0,26	0,01704	0,01536	734,182	0,07678	734,182
1	4	1+015	733,70	5,00	0,12	733,82	3,00	0	0,372	3,248	0,115	0,056	2,30	0,27	0,01864	0,01784	734,093	0,08920	734,093
	5	1+020	733,60	5,00	0,12	733,72	3,00	0	0,3675	3,245	0,113	0,055	2,33	0,28	0,01939	0,01902	733,999	0,09508	733,999
	6	1+025	733,50	5,00	0,12	733,62	3,00	0	0,366	3,244	0,113	0,055	2,34	0,28	0,01966	0,01952	733,901	0,09759	733,901
	7	1+030	733,40	5,00	0,12	733,52	3,00	0	0,36	3,24	0,11	0,05	2,35	0,28	0,02	0,02	733,80	0,10	733,80

#### 4.2.5.- ARQUETA DE ROTURA DE CARGA

Se dispone una arqueta de 3,50 x 3,00 metros de dimensiones interiores en planta, y con una profundidad máxima de 3,50 metros, con la finalidad de que el canal de descarga desagüe en la misma rompiéndose así la carga.

#### 4.2.6.- CONDUCCIÓN DE DESAGÜE

A partir de la arqueta se prevé que el desagüe del caudal evacuado por el aliviadero se realice a través de una conducción de hormigón de 600 mm de diámetro que se prolongará para desaguar libremente a la vaguada una vez atravesado el camino que da acceso a la arqueta de toma de la balsa.

La cota de entrada (arqueta rotura de carga) es 736,7 m y la de salida (estanque amortiguador) es 729 m, siendo la longitud total de la tubería de 129 m.

En la página siguiente se justifica la capacidad de la conducción para absorber el caudal de proyecto de 0,86 m<sup>3</sup>/s dándole a la tubería una pendiente de 0,06 m/m.



#### 4.3.- DIMENSIONAMIENTO DEL DESAGÜE DE FONDO

##### 4.3.1.- INTRODUCCIÓN

El dimensionamiento del desagüe de fondo es de vital importancia para hacer frente a posibles situaciones de emergencia que requieran un vaciado rápido de la balsa.

La entrada de agua en el desagüe de fondo se ha proyectado de forma que se evite el atascamiento de ésta por la acumulación de materiales de depósito. Así la rejilla de entrada de toma se ha colocado a 0,50 m sobre el fondo del vaso, y lo más cercano posible al paramento de aguas arriba en la zona más baja de la balsa para obtener la máxima capacidad de desagüe.

La conducción destinada a desagüe de fondo estará formada por dos tramos de tubería de acero helicosoldado uno de 800 mm, y otro de 500 mm de diámetro nominal.

La cota de entrada es la 730 m y la de salida la 729 m, siendo la longitud total de la tubería de 97 m. (45,20 hasta la arqueta de válvulas y 48,80 m. más hasta el estanque amortiguador)

##### 4.3.2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Aplicando conservación de la energía entre un punto en la superficie de la balsa en la vertical de la entrada a la tubería y el punto de salida, a los que llamaremos A y B respectivamente, se tiene:

$$H_A = H_B + \Delta h$$

siendo:

$$H_A = h_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g}$$

$$H_B = h_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g}$$

$\Delta h$  = pérdidas

La cota de nivel de agua  $h_A$  que se ha tomado, por motivos de seguridad es la de coronación de la balsa, 690,0 m y la cota de salida aguas abajo de la presa  $h_B$  es 676,6 m.

Supondremos  $v_A$  y  $P_A$  nulas por ser un punto en la superficie de la balsa y sin velocidad, y  $p_B = 0$  por desaguar a la atmósfera. Así, la ecuación de Bernoulli queda de la forma:

$$h_A - h_B = \frac{v_B^2}{2g} + \Delta h$$

Las pérdidas de energía serán la suma de pérdidas localizadas más las distribuidas.

$$\Delta h = \Delta h_{LOCAL} + \Delta h_{DISTR}$$

Fijando las pérdidas localizadas en un 10% de las pérdidas distribuidas.

$$\Delta h = 1,10 \Delta h_{DISTR} = 1,10 \text{ IL}$$

Las pérdidas distribuidas se obtienen mediante la expresión de Manning:

$$I = \frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}}$$

siendo:

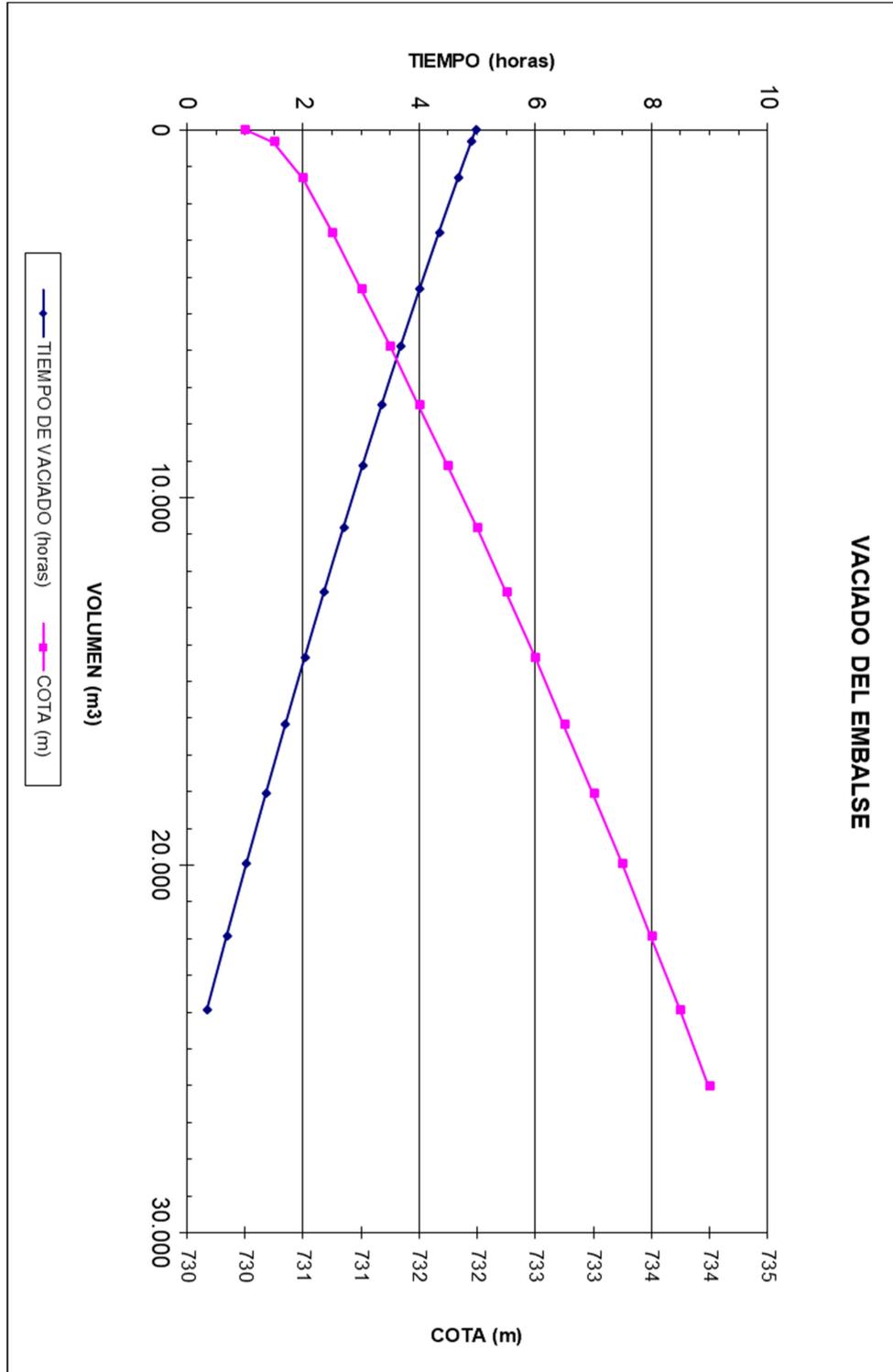
$$R_H = D/4 \text{ para tubería circular}$$

$$n = 0,01 \text{ para tubería de acero}$$

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 0,25 m.

El tiempo de vaciado de la balsa completo, obtenido como suma de los tiempos parciales correspondientes a cada cuarenta centímetros, es de 3,43 horas, el cual se considera aceptable para este tipo de obras.

TABLA DE VACIADO		SITUACION DE SERVICIO									
		Material		Material							
		Díametro nominal		Tubería 32"		Tubería 20"		Equivalente			
		Díametro exterior (m)		0,8128		0,5080					
		Díametro interior (m)		d=		0,498		0,6457			
		Sección de desagüe		S (m <sup>2</sup> /tubería)		0,19478		0,34478			
		Radio hidráulico		Rh=		0,19880		0,16142			
		Número de Manning		n=		0,01000		0,01000			
		Longitud de la tubería		L (m)		48,20		48,80			
		Cota de desague		(m)				729,00			
CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS		COTA	ALTURA	VOL. ACUM.	ALTURA MEDIA	INCREMENT. VOL.	VELOCIDAD MEDIA	CAUDAL MEDIO	TIEMPO MEDIO	T. ACUMULADO	
		m	m	m <sup>3</sup>	m	m <sup>3</sup>	m/s	m <sup>3</sup> /s	h	h	
<b>NIVEL MAXIMO NORMAL</b>		734,00	5,00	26,021							
		733,75	4,8	23,961	4,88	2,059	7,88	2,72	0,21	0,21	
		733,50	4,5	21,949	4,63	2,012	7,68	2,65	0,21	0,42	
		733,25	4,3	19,983	4,38	1,966	7,47	2,57	0,21	0,63	
		733,00	4,0	18,064	4,13	1,920	7,25	2,50	0,21	0,85	
		732,75	3,8	16,190	3,88	1,874	7,03	2,42	0,21	1,06	
		732,50	3,5	14,361	3,63	1,829	6,80	2,34	0,22	1,28	
		732,25	3,3	12,578	3,38	1,784	6,56	2,26	0,22	1,50	
		732,00	3,0	10,839	3,13	1,739	6,31	2,18	0,22	1,72	
		731,75	2,8	9,144	2,88	1,695	6,05	2,09	0,23	1,95	
		731,50	2,5	7,493	2,63	1,651	5,78	1,99	0,23	2,18	
		731,25	2,3	5,885	2,38	1,608	5,50	1,90	0,24	2,41	
		731,00	2,0	4,320	2,13	1,565	5,20	1,79	0,24	2,65	
		730,75	1,8	2,798	1,88	1,522	4,89	1,69	0,25	2,90	
		730,50	1,5	1,318	1,63	1,480	4,55	1,57	0,26	3,17	
		730,25	1,3	3,38	1,38	980	4,19	1,44	0,19	3,36	
		730,00	1,0	0	1,13	338	3,79	1,31	0,07	3,43	
<b>TOMA DE FONDO</b>											
<b>TOTAL</b>									<b>3,43</b>	<b>0,14</b>	<b>días</b>



## 5.- CALCULO HIDRAULICO DE LOS ELEMENTOS DE LA Balsa C

### 5.1.- ANCHURA DE CORONACION Y RESGUARDO

#### 5.1.1.- DATOS DE PARTIDA

Siguiendo la metodología expuesta para la balsa B, los parámetros de partida, fijados a partir de los datos expuestos en el punto 1 de este anexo para esta balsa son:

- |                                      |                       |
|--------------------------------------|-----------------------|
| - Cota del agua (N.M.N.)             | 694 m                 |
| - Superficie lámina de agua (N.M.N.) | 8.174 m <sup>2</sup>  |
| - Volumen del embalse (N.M.N.)       | 24.913 m <sup>3</sup> |

#### 5.1.2.- ANCHURA DE CORONACIÓN

La anchura mínima de coronación correspondiente a las zonas de sismicidad baja resulta de:

$$C = 3 + 1,5\sqrt[3]{A - 15}$$

siendo:

C = Anchura de coronación (m)

A = Altura máxima de la presa (m)

Al igual que en la anterior balsa,  $A = 5 \text{ m} < 15$ , el ancho de coronación se adopta  $C = 5,0 \text{ m}$ , suficiente para disponer en la misma de un camino de servicio.

#### 5.1.3.- RESGUARDO

La altura máxima del oleaje es la siguiente:

$$h = 0,90\sqrt[4]{L}$$

Siendo: h: altura máxima del oleaje

L: longitud máxima del embalse en Km.

Para una longitud máxima del embalse de 189 m, se traduce en una altura máxima del resguardo

de:

$$h = 0,59m$$

Del lado de la seguridad, se adopta resguardó  $R = 1,00$  m. La cota de coronación de la balsa será por tanto

$$C.C. = N.M.N + R = 694,00 + 1,00 = 695,00m$$

## 5.2.- ALIVIADERO

### 5.2.1.- CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO

Se considera el caudal máximo que se podría producir con coincidencia de la precipitación máxima previsible para un período de retorno de 500 años, la balsa llena y un fallo en el sistema de parada de llenado de la balsa.

#### 5.2.1.1 Precipitaciones

En base los datos que nos proporciona el observatorio termopluviométrico de Xinzo de Limia - 1735:

$$X_{500} = 122,18 \text{ mm}/24 \text{ h}$$

El aguacero máximo para una hora de duración con este período de retorno tendrá una intensidad:

$$I_h = 0,386 X_{24} = 0,386 \times 122,18 = 47,16 \text{ mm}/h$$

El cual cayendo sobre una superficie de lámina de agua de  $8174 \text{ m}^2$  correspondiente a la cota de N.M.N. de la balsa, equivale a un caudal de:

$$Q_1 = 47,16 \times 8174 \times 10^{-3} / 3600 = 0,107 \text{ m}^3/s$$

#### 5.2.1.2 Caudal aportado por las bombas

El caudal de aportación de agua procedente del bombeo será como máximo de  $0.467 \text{ m}^3/s$

$$Q_2 = 0,467 \text{ m}^3/s$$

### 5.2.1.3 Caudal a evacuar por el aliviadero

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0,107 + 0,467 = 0,574 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.2.2.- DESCARGA SOBRE EL VERTEDERO

El caudal que puede entrar por el labio vertiente viene dado por la conocida fórmula de Rehbock:

$$Q = C_o \cdot L \cdot H^{3/2}$$

Siendo:

Co: Coeficiente de desagüe del vertedero

L: Longitud del vertedero (m)

H: Altura de vertido (m)

Por tratarse de un vertedero en pared gruesa, el coeficiente de desagüe (Co), es

$$C_o = m \sqrt{2g} \quad \text{con} \quad m = 0,40$$

$$C_o = 0,40 \sqrt{2g} = 1,77 \sim 1,80$$

Fijados como datos de partida los siguientes:

- Caudal de cálculo	0,574 m <sup>3</sup> /s
- Altura de vertido	0,30m
- Coeficiente de desagüe :	1,80
- Cota de labio vertiente	694,00 m.
- Disposición	Frontal

la longitud necesaria del vertedero será:

$$L = \frac{Q}{C_o \cdot H^{3/2}} = \frac{0,547}{1,80 \times 0,30^{3/2}} = 1,94m$$

Se adopta L = 2,00 m. Se proyecta un aliviadero en pared gruesa de sección de arranque 2,00 x 0,30 m

### 5.2.3.- SECCIÓN CRÍTICA. ARRANQUE DEL CANAL DE DESCARGA.

La sección de arranque del canal de descarga funcionará como sección rectangular de control, debiendo tener una cota determinada para que sea capaz de "tragar" el caudal que entra por el labio vertiente.

Las condiciones hidráulicas de partida en la sección crítica (sección PR0+000) son:

- Caudal específico:  $q = \frac{Q}{B} = \frac{0,574}{2,00} = 0,287 m^3 / sg.ml$

- Calado :  $Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = 0,20m$

- Velocidad :  $V_c = \frac{q}{yc} = 1,41m / sg$

- Altura de velocidad:  $h_{vc} = \frac{V_c^2}{2g} = 0,10m$

### 5.2.4.- CANAL DE DESCARGA

#### 5.2.4.1 Datos de partida

Caudal de cálculo	0,574 m <sup>3</sup> /sg
Longitud	10,00 m.
Anchura	2,00 m.
Pendiente	0,010 m/m

La pendiente crítica será:

$$J_c = \frac{n^2 \cdot v_c^2}{(R_h)^{4/3}}$$

Siendo:

$$n = 0,014$$

$$Sc = 2,0 \times 0,20 = 0,40m^2$$

$$Pc = 2,0 + (2 \times 0,20) = 2,40m$$

$$R_H = \frac{Sc}{Pc} = 0,168m$$

$$Jc = 0,004m / m$$

lo cual implica que si a partir de la sección crítica se da al canal de descarga una pendiente  $J > Jc$  se asegurará el régimen supercrítico hasta el final del mismo, por lo que el calado en el mismo irá disminuyendo.

#### 5.2.4.2 Método de comprobación

Para dibujar el perfil de la línea de agua a lo largo de todo el canal de descarga se seguirá el denominado Standard Step Method descrito en la obra "Open Channel Hydraulics" de Ven Te Chow.

Las condiciones hidráulicas de partida en la sección crítica (sección PR0+000) han quedado definidas en el apartado anterior.

El régimen supercrítico a partir de esta sección queda asegurado debido a que la pendiente adoptada ( $J = 0,010$  m/m) es mucho mayor que la pendiente crítica ( $Jc = 0,004$  m/m).

Partiendo de estos valores, se calculan en sentido hacia aguas abajo los sucesivos descensos de nivel de la superficie libre del agua teniendo en cuenta las pérdidas debidas a fricción, mediante la expresión:

$$H_1 = H_2 + h_f + h_e$$

donde  $H_1$  y  $H_2$  son las alturas totales de energía en las secciones tomadas:

$$H_1 = Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g}$$

$$H_2 = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g}$$

y  $h_f$  y  $h_e$  son respectivamente las pérdidas debidas a fricción y las debidas a remolinos, no teniéndose en cuenta éstas últimas.

Realizando el cálculo por tramos de 5 m. de longitud, se obtienen los resultados que figuran en

---

el cuadro que se incluye a continuación.

CANAL DE DESCARGA : CALCULO DE LA LINEA DE AGUA																													
STANDART STEP METHOD																													
TRAMO	SECCION	PR	COTA	DISTANCIA	CALADO	Z	BASE	TALUD	AREA	PERIMETRO	R. HIDRAUL.	R <sup>n+4/3</sup>	VELOCIDAD	HV	Sf	Med Sf	ZI+HV1	Sf * X	H1	Hf	H2	HI - Sf							
1	1	1+000	694,00	-	0,20	694,20	3,00	0	0,6	3,4	0,176	0,099	0,96	0,05	0,00181	-	694,247	-	694,247	-	-	-							
	2	1+005	693,95	5,00	0,11	694,06	3,00	0	0,33	3,22	0,103	0,049	1,72	0,15	0,01201	0,00691	694,212	0,03455	694,212	0,03455	694,212								
	3	1+010	693,90	5,00	0,12	694,02	3,00	0	0,3462	3,2908	0,107	0,051	1,66	0,14	0,01059	0,01130	694,156	0,05648	694,156	0,05648	694,156								
CAUDAL DE CALCULO														0,57	m <sup>3</sup> /s														
TRAMOS														PENDIENTES (Sf)(m/m)															
TRAMO-1														0,01	0,014														

### **5.2.5.- ARQUETA DE ROTURA DE CARGA**

Se dispone una arqueta de 2,75 x 2,00 metros de dimensiones interiores en planta, y con una profundidad máxima de 3 metros, con la finalidad de que el canal de descarga desagüe en la misma rompiéndose así la carga.

### **5.2.6.- CONDUCCIÓN DE DESAGÜE**

A partir de la arqueta se prevé que el desagüe del caudal evacuado por el aliviadero se realice a través de una conducción de homigon de 500 mm de diámetro que se prolongará para desaguar libremente a la vaguada una vez atravesado el camino de acceso.

La cota de entrada (arqueta rotura de carga) es 686 m y la de salida (estanque amortiguador) es 695 m, siendo la longitud total de la tubería de 158 m.

En la página siguiente se justifica la capacidad de la conducción para absorber el caudal de proyecto de 0,574 m<sup>3</sup>/s dándole a la tubería una pendiente de 0,06 m/m.



### 5.3.- DIMENSIONAMIENTO DEL DESAGÜE DE FONDO

#### 5.3.1.- INTRODUCCIÓN

El dimensionamiento del desagüe de fondo es de vital importancia para hacer frente a posibles situaciones de emergencia que requieran un vaciado rápido de la balsa.

La entrada de agua en el desagüe de fondo se ha proyectado de forma que se evite el atascamiento de ésta por la acumulación de materiales de depósito. Así la rejilla de entrada de toma se ha colocado a 0,50 m sobre el fondo del vaso, y lo más cercano posible al paramento de aguas arriba en la zona más baja de la balsa para obtener la máxima capacidad de desagüe.

La conducción destinada a desagüe de fondo estará formada por dos tramos de tubería de acero helicosoldado uno de 700 mm, y otro de 500 mm de diámetro nominal.

La cota de entrada es la 690 m y la de salida la 686,5 m, siendo la longitud total de la tubería de 66 m. (40 hasta la arqueta de válvulas y 27 m. más hasta el estanque amortiguador)

#### 5.3.2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Aplicando conservación de la energía entre un punto en la superficie de la balsa en la vertical de la entrada a la tubería y el punto de salida, a los que llamaremos A y B respectivamente, se tiene:

$$H_A = H_B + \Delta h$$

siendo:

$$H_A = h_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g}$$

$$H_B = h_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g}$$

$\Delta h =$  pérdidas

La cota de nivel de agua  $h_A$  que se ha tomado, por motivos de seguridad es la de coronación de la balsa, 690,0 m y la cota de salida aguas abajo de la presa  $h_B$  es 676,6 m.

Supondremos  $v_A$  y  $P_A$  nulas por ser un punto en la superficie de la balsa y sin velocidad, y  $p_B = 0$  por desaguar a la atmósfera. Así, la ecuación de Bernoulli queda de la forma:

$$h_A - h_B = \frac{v_B^2}{2g} + \Delta h$$

Las pérdidas de energía serán la suma de pérdidas localizadas más las distribuidas.

$$\Delta h = \Delta h_{LOCAL} + \Delta h_{DISTR}$$

Fijando las pérdidas localizadas en un 10% de las pérdidas distribuidas.

$$\Delta h = 1,10 \Delta h_{DISTR} = 1,10 IL$$

Las pérdidas distribuidas se obtienen mediante la expresión de Manning:

$$I = \frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}}$$

siendo:

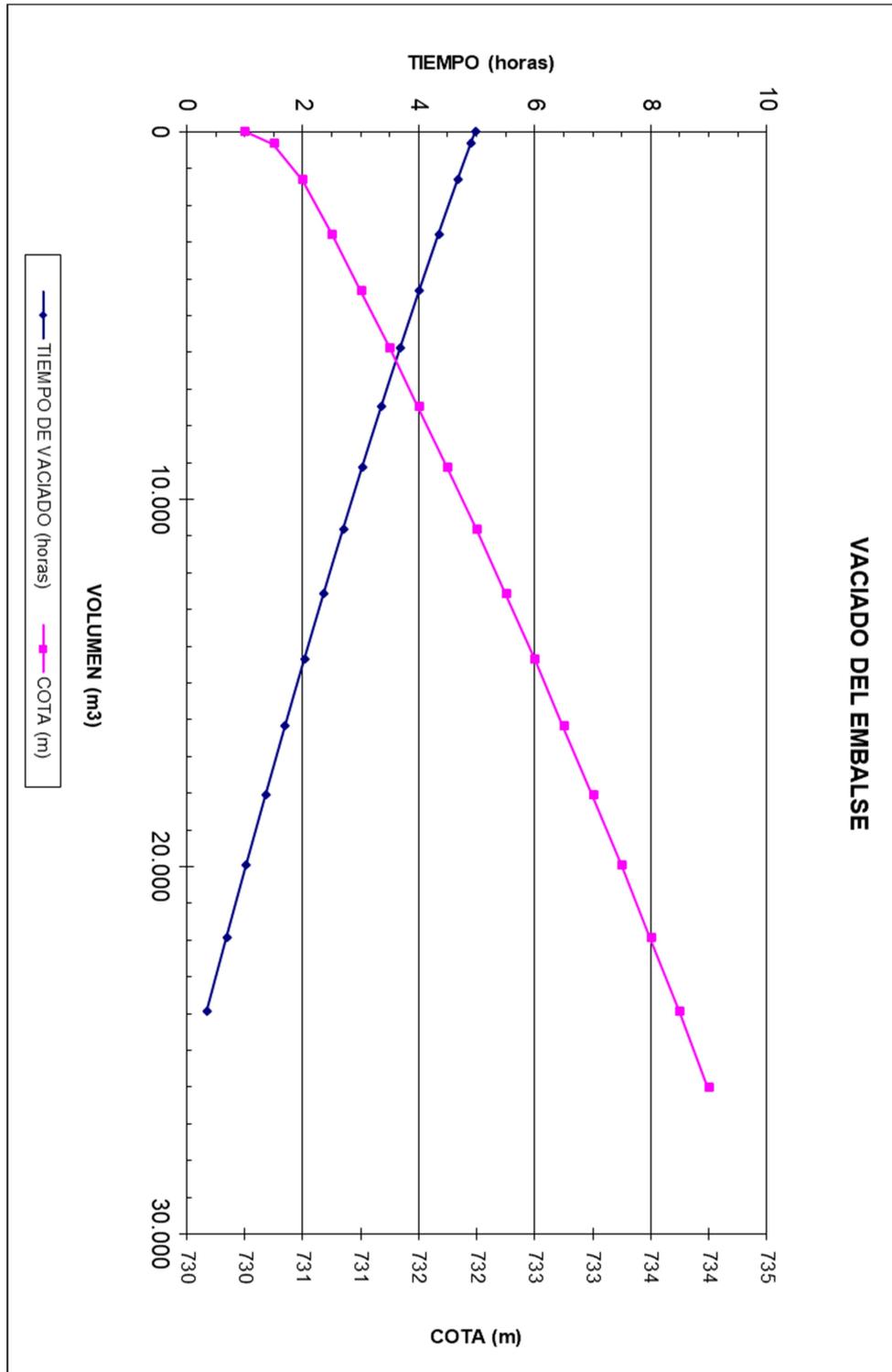
$$R_H = D/4 \text{ para tubería circular}$$

$$n = 0,01 \text{ para tubería de acero}$$

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 0,25 m.

El tiempo de vaciado de la balsa completo, obtenido como suma de los tiempos parciales correspondientes a cada cuarenta centímetros, es de 2,10 horas, el cual se considera aceptable para este tipo de obras.

TABLA DE VACIADO		SITUACION DE SERVICIO		MATERIAL		EQUIVALENTE		
		Material		Metálica	Metálica			
		Díametro nominal		Tubería 28"	Tubería 20"		Equivalente	
		Díametro exterior (m)		0,7112	0,5080			
		Díametro interior (m)		d=	0,498		0,6148	
		Sección de desagüe		S (m <sup>2</sup> /tubería)	0,19478		0,30407	
		Radio hidráulico		Rh=	0,12450		0,15369	
		Número de Manning		n=	0,01000		0,01000	
		Longitud de la tubería		L (m)	27,00		67,00	
		Cota de desagüe		(m)			686,50	
CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS		COTA	ALTURA	ALTURA MEDIA	CAUDAL MEDIO	TIEMPO MEDIO	T. ACUMULADO	
NIVEL MAXIMO NORMAL		m	m	m	m <sup>3</sup> /s	h	h	
	69400	7,50	26,021	7,38	3,96	0,14	0,14	
	69375	7,3	23,961	7,13	3,89	0,14	0,29	
	69350	7,0	21,949	6,88	3,83	0,14	0,43	
	69325	6,8	19,983	6,63	3,76	0,14	0,57	
	69300	6,5	18,064	6,38	3,68	0,14	0,71	
	69275	6,3	16,190	6,13	3,61	0,14	0,85	
	69250	6,0	14,361	5,88	3,54	0,14	0,99	
	69225	5,8	12,578	5,63	3,46	0,14	1,13	
	69200	5,5	10,839	5,38	3,38	0,14	1,27	
	69175	5,3	9,144	5,13	3,30	0,14	1,41	
	69150	5,0	7,493	4,88	3,22	0,14	1,55	
	69125	4,8	5,885	4,63	3,14	0,14	1,69	
	69100	4,5	4,320	4,38	3,05	0,14	1,83	
	69075	4,3	2,798	4,13	2,96	0,14	1,97	
	69050	4,0	1,318	3,88	2,87	0,09	2,06	
	69025	3,8	338	3,63	2,78	0,03	2,10	
	69000	3,5	0					
<b>TOMA DE FONDO</b>								
<b>TOTAL</b>						<b>2,10</b>	<b>0,09</b>	
							<b>0,09</b>	<b>días</b>



## 6.- CALCULO HIDRAULICO DE LOS ELEMENTOS DE LA Balsa D

### 6.1.- ANCHURA DE CORONACION Y RESGUARDO

#### 6.1.1.- DATOS DE PARTIDA

Siguiendo la metodología expuesta en las balsas anteriores, los parámetros de partida, fijados a partir de los datos expuestos en el punto 1 de este anexo para esta balsa son:

- Cota del agua (N.M.N.) 689,1 m
- Resguardo sobre N.M.N. 1,00 m
- Superficie lámina de agua (N.M.N.) 8.129 m<sup>2</sup>

#### 6.1.2.- ANCHURA DE CORONACIÓN

La anchura mínima de coronación correspondiente a las zonas de sismicidad baja resulta de:

$$C = 3 + 1,5\sqrt{A - 15}$$

Siendo:

C = Anchura de coronación (m)

A = Altura máxima de la presa (m)

Al igual que en la anterior balsa,  $A = 5 \text{ m} < 15$ , el ancho de coronación se adopta  $C = 5,0 \text{ m}$ , suficiente para disponer en la misma de un camino de servicio.

#### 6.1.3.- RESGUARDO

La altura máxima del oleaje es la siguiente:

$$h = 0,90\sqrt[4]{L}$$

Siendo: h: altura máxima del oleaje

L: longitud máxima del embalse en Km.

Para una longitud máxima del embalse de 173 m, se traduce en una altura máxima del resguardo de:

$$h = 0,58m$$

Del lado de la seguridad, se adopta resguardó  $R = 1,00$  m. La cota de coronación de la balsa será por tanto

$$C.C. = N.M.N + R = 689,1 + 1,00 = 690,10m$$

## 6.2.- ALIVIADERO

### 6.2.1.- CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO

Se considera el caudal máximo que se podría producir con coincidencia de la precipitación máxima previsible para un período de retorno de 500 años, la balsa llena y un fallo en el sistema de parada de llenado de la balsa.

#### 6.2.1.1 Precipitaciones

En base los datos que nos proporciona el observatorio termopluviométrico de Xinzo de Limia - 1735:

$$X_{500} = 122,18 \text{ mm}/24 \text{ h}$$

El aguacero máximo para una hora de duración con este período de retorno tendrá una intensidad:

$$I_h = 0,386 X_{24} = 0,386 \times 122,18 = 47,16 \text{ mm}/h$$

El cual cayendo sobre una superficie de lámina de agua de  $8129 \text{ m}^2$  correspondiente a la cota de N.M.N. de la balsa, equivale a un caudal de:

$$Q_1 = 47,16 \times 8129 \times 10^{-3} / 3600 = 0,106 \text{ m}^3/s$$

#### 6.2.1.2 Caudal aportado por las bombas

El caudal de aportación de agua procedente del bombeo será como máximo de  $0.490 \text{ m}^3/s$

$$Q_2 = 0,490 \text{ m}^3/s$$

### 6.2.1.3 Caudal a evacuar por el aliviadero

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0,106 + 0,490 = 0,596 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 6.2.2.- DESCARGA SOBRE EL VERTEDERO

El caudal que puede entrar por el labio vertiente viene dado por la conocida fórmula de Rehbock:

$$Q = C_o \cdot L \cdot H^{3/2}$$

Siendo:

Co: Coeficiente de desagüe del vertedero

L: Longitud del vertedero (m)

H: Altura de vertido (m)

Por tratarse de un vertedero en pared gruesa, el coeficiente de desagüe (Co), es

$$C_o = m \sqrt{2g} \quad \text{con} \quad m = 0,40$$

$$C_o = 0,40 \sqrt{2g} = 1,77 \sim 1,80$$

Fijados como datos de partida los siguientes:

- Caudal de cálculo	0,596 m <sup>3</sup> /s
- Altura de vertido	0,30m
- Coeficiente de desagüe :	1,80
- Cota de labio vertiente	689,10 m.
- Disposición	Frontal

la longitud necesaria del vertedero será:

$$L = \frac{Q}{C_o \cdot H^{3/2}} = \frac{0,547}{1,80 \times 0,30^{3/2}} = 2,02m$$

Se adopta L = 2,00 m. Se proyecta un aliviadero en pared gruesa de sección de arranque 2,00 x 0,30 m

### 6.2.3.- SECCIÓN CRÍTICA. ARRANQUE DEL CANAL DE DESCARGA.

La sección de arranque del canal de descarga funcionará como sección rectangular de control, debiendo tener una cota determinada para que sea capaz de “tragar” el caudal que entra por el labio vertiente.

Las condiciones hidráulicas de partida en la sección crítica (sección PR0+000) son:

$$\text{- Caudal específico: } q = \frac{Q}{B} = \frac{0,596}{2,00} = 0,298m^3 / sg.ml$$

$$\text{- Calado} \quad : \quad Y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = 0,21m$$

$$\text{- Velocidad} \quad : \quad V_c = \frac{q}{y_c} = 1,43m / sg$$

$$\text{- Altura de velocidad: } hv_c = \frac{V_c^2}{2g} = 0,10m$$

### 6.2.4.- CANAL DE DESCARGA

#### 6.2.4.1 Datos de partida

Caudal de cálculo	0,596 m <sup>3</sup> /sg
Longitud	10,00 m.
Anchura	2,00 m.
Pendiente	0,013 m/m

La pendiente crítica será:

$$J_c = \frac{n^2 \cdot v_c^2}{(R_h)^{4/3}}$$

Siendo:

$$n = 0,014$$

$$Sc = 2,0 \times 0,20 = 0,40m^2$$

$$P_c = 2,0 + (2 \times 0,20) = 2,42m$$

$$R_H = \frac{S_c}{P_c} = 0,173m$$

$$J_c = 0,004m / m$$

lo cual implica que si a partir de la sección crítica se da al canal de descarga una pendiente  $J > J_c$  se asegurará el régimen supercrítico hasta el final del mismo, por lo que el calado en el mismo irá disminuyendo.

#### 6.2.4.2 Método de comprobación

Para dibujar el perfil de la línea de agua a lo largo de todo el canal de descarga se seguirá el denominado Standard Step Method descrito en la obra "Open Channel Hydraulics" de Ven Te Chow.

Las condiciones hidráulicas de partida en la sección crítica (sección PR0+000) han quedado definidas en el apartado anterior.

El régimen supercrítico a partir de esta sección queda asegurado debido a que la pendiente adoptada ( $J = 0,013 \text{ m/m}$ ) es mucho mayor que la pendiente crítica ( $J_c = 0,004 \text{ m/m}$ ).

Partiendo de estos valores, se calculan en sentido hacia aguas abajo los sucesivos descensos de nivel de la superficie libre del agua teniendo en cuenta las pérdidas debidas a fricción, mediante la expresión:

$$H_1 = H_2 + h_f + h_e$$

donde  $H_1$  y  $H_2$  son las alturas totales de energía en las secciones tomadas:

$$H_1 = Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g}$$

$$H_2 = Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g}$$

y  $h_f$  y  $h_e$  son respectivamente las pérdidas debidas a fricción y las debidas a remolinos, no teniéndose en cuenta éstas últimas.

Realizando el cálculo por tramos de 5 m. de longitud, se obtienen los resultados que figuran en el cuadro que se incluye a continuación.

CANAL DE DESCARGA : CALCULO DE LA LINEA DE AGUA																
STANDART STEP METHOD																
CAUDAL DE CALCULO																
0,57 m <sup>3</sup> /s																
TRAMOS																
PENDIENTES (So)/(m/m)																
0,01																
TRAMO-1																
0,014																
COTA	DISTANCIA	CALADO	Z	BASE	TALUD	AREA	PERIMETRO	R. HIDRAUL.	R <sup>4</sup> /I <sup>3</sup>	VELOCIDAD	HV	Sf	Med Sf	H1	hf	H2
689,10	-	0,20	689,30	3,00	0	0,6	3,4	0,176	0,099	0,96	0,05	0,00181	-	689,347	-	-
689,05	5,00	0,11	689,16	3,00	0	0,33	3,22	0,104	0,049	1,72	0,15	0,01194	0,00887	689,312	0,03437	689,312
689,00	5,00	0,12	689,12	3,00	0	0,345	3,23	0,107	0,051	1,66	0,14	0,01071	0,01132	689,256	0,05661	689,256
688,95	5,00	0,12	689,07	3,00	0	0,35	3,23	0,108	0,052	1,64	0,14	0,01018	0,01044	689,204	0,05222	689,204
688,90	5,00	0,12	689,02	3,00	0	0,3507	3,2338	0,108	0,052	1,64	0,14	0,01015	0,01017	689,153	0,05083	689,153

### 6.2.5.- ARQUETA DE ROTURA DE CARGA

Se dispone una arqueta de 2,75 x 2,00 metros de dimensiones interiores en planta, y con una profundidad máxima de 3 metros, con la finalidad de que el canal de descarga desagüe en la misma rompiéndose así la carga.

### 6.2.6.- CONDUCCIÓN DE DESAGÜE

A partir de la arqueta se prevé que el desagüe del caudal evacuado por el aliviadero se realice a través de una conducción de hormigón de 500 mm de diámetro que se prolongará para desaguar libremente a la vaguada una vez atravesado el camino de acceso.

La cota de entrada (arqueta rotura de carga) es 681,5 m y la de salida (estanque amortiguador) es 688 m, siendo la longitud total de la tubería de 127 m.

En la página siguiente se justifica la capacidad de la conducción para absorber el caudal de proyecto de 0,596 m<sup>3</sup>/s dándole a la tubería una pendiente de 0,05 m/m.



## 6.3.- DIMENSIONAMIENTO DEL DESAGÜE DE FONDO

### 6.3.1.- INTRODUCCIÓN

La entrada de agua en el desagüe de fondo se ha proyectado de forma que se evite el atascamiento de ésta por la acumulación de materiales de depósito. Así la rejilla de entrada de toma se ha colocado a 0,50 m sobre el fondo del vaso, y lo más cercano posible al paramento de aguas arriba en la zona más baja de la balsa para obtener la máxima capacidad de desagüe.

La conducción destinada a desagüe de fondo estará formada por dos tramos de tubería de acero helicoidado uno de 800 mm, y otro de 500 mm de diámetro nominal.

La cota de entrada es la 685,1 m y la de salida la 681,5 m, siendo la longitud total de la tubería de 93 m. (45 hasta la arqueta de válvulas y 48 m. más hasta el estanque amortiguador)

### 6.3.2.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Aplicando conservación de la energía entre un punto en la superficie de la balsa en la vertical de la entrada a la tubería y el punto de salida, a los que llamaremos A y B respectivamente, se tiene:

$$H_A = H_B + \Delta h$$

siendo:

$$H_A = h_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g}$$

$$H_B = h_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g}$$

$\Delta h$  = pérdidas

La cota de nivel de agua  $h_A$  que se ha tomado, por motivos de seguridad es la de coronación de la balsa, 689,1 m y la cota de salida aguas abajo de la presa  $h_B$  es 681,5 m.

Supondremos  $v_A$  y  $P_A$  nulas por ser un punto en la superficie de la balsa y sin velocidad, y  $p_B = 0$  por desaguar a la atmósfera. Así, la ecuación de Bernoulli queda de la forma:

$$h_A - h_B = \frac{v_B^2}{2g} + \Delta h$$

Las pérdidas de energía serán la suma de pérdidas localizadas más las distribuidas.

$$\Delta h = \Delta h_{LOCAL} + \Delta h_{DISTR}$$

Fijando las pérdidas localizadas en un 10% de las pérdidas distribuidas.

$$\Delta h = 1,10 \Delta h_{\text{DISTR}} = 1,10 \text{ IL}$$

Las pérdidas distribuidas se obtienen mediante la expresión de Manning:

$$I = \frac{n^2 v^2}{R_H^{4/3}}$$

siendo:

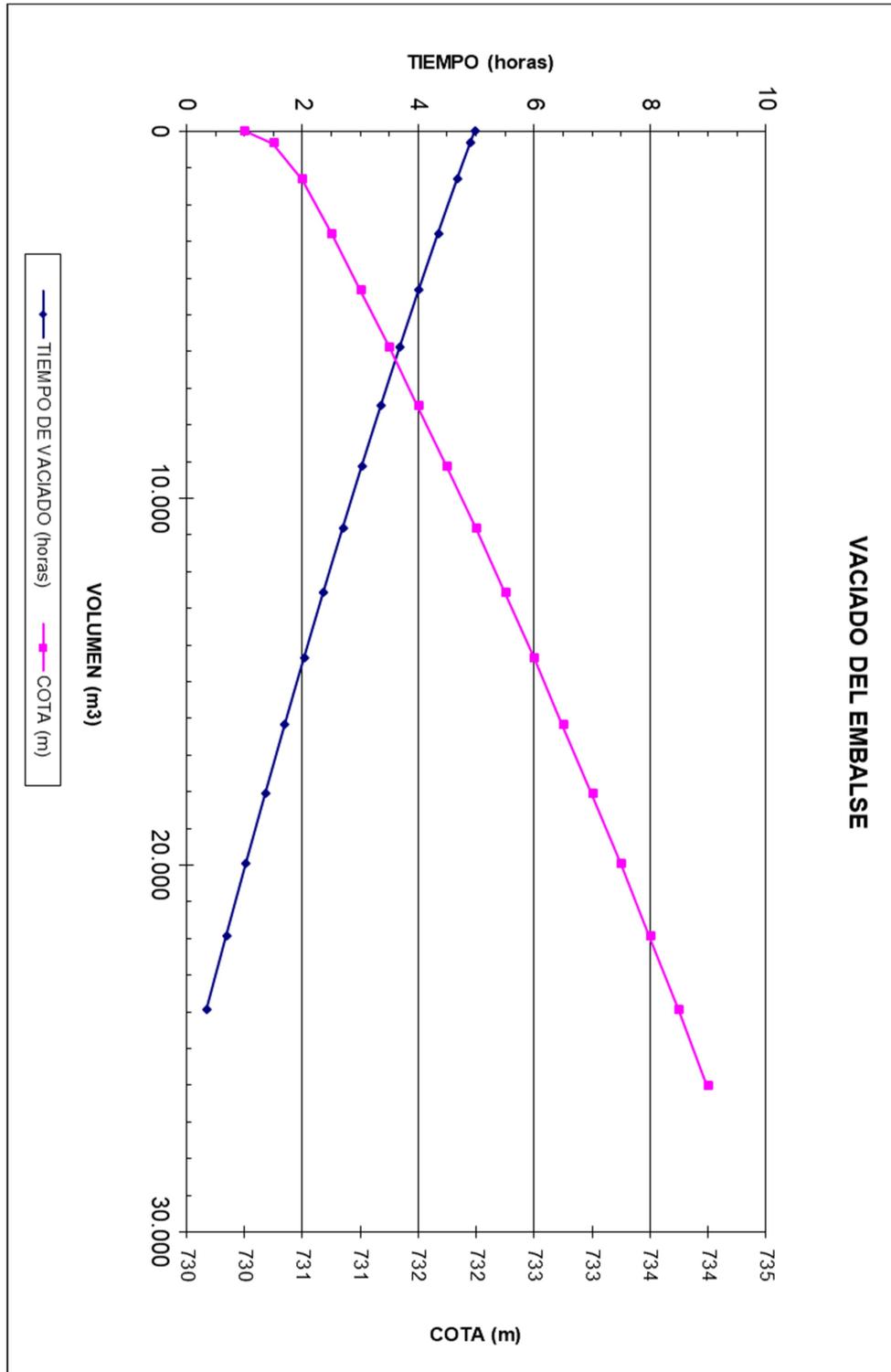
$$R_H = D/4 \text{ para tubería circular}$$

$$n = 0,01 \text{ para tubería de acero}$$

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 0,25 m.

El tiempo de vaciado de la balsa completo, obtenido como suma de los tiempos parciales correspondientes a cada cuarenta centímetros, es de 2,10 horas, el cual se considera aceptable para este tipo de obras.

TABLA DE VACIADO	SITUACION DE SERVICIO		MATERIAL		EQUIVALENTE				
	MATERIAL	Díametro nominal	Metálica	Metálica					
		Díametro exterior (m)	0,8128	0,5080					
		Díametro interior (m)	d=	0,498	0,6418				
		Sección de desagüe	S (m <sup>2</sup> /tubería)	0,19478	0,34084				
		Radio hidráulico	Rh=	0,12450	0,16045				
		Número de Manning	n=	0,01000	0,01000				
		Longitud de la tubería	L (m)	48,00	93,00				
		Cota de desagüe	(m)		681,50				
CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS	COTA m	ALTURA m	VOL. ACUM. m <sup>3</sup>	ALTURA MEDIA m	INCREMENT. VOL. m <sup>3</sup>	VELOCIDAD MEDIA m/s	CAUDAL MEDIO m <sup>3</sup> /s	TIEMPO MEDIO h	T. ACUMULADO h
<b>NIVEL MAXIMO NORMAL</b>	685,50	4,00	26,021						
	685,25	3,8	23,961	3,88	2,059	7,08	2,41	0,24	0,24
	685,00	3,5	21,949	3,63	2,012	6,85	2,34	0,24	0,48
	684,75	3,3	19,983	3,38	1,966	6,61	2,25	0,24	0,72
	684,50	3,0	18,064	3,13	1,920	6,36	2,17	0,25	0,96
	684,25	2,8	16,190	2,88	1,874	6,10	2,08	0,25	1,21
	684,00	2,5	14,361	2,63	1,829	5,83	1,99	0,26	1,47
	683,75	2,3	12,578	2,38	1,784	5,55	1,89	0,26	1,73
	683,50	2,0	10,839	2,13	1,739	5,25	1,79	0,27	2,00
	683,25	1,8	9,144	1,88	1,695	4,93	1,68	0,28	2,28
	683,00	1,5	7,493	1,63	1,651	4,59	1,56	0,29	2,58
	682,75	1,3	5,885	1,38	1,608	4,22	1,44	0,31	2,89
	682,50	1,0	4,320	1,13	1,565	3,82	1,30	0,33	3,22
	682,25	0,8	2,798	0,88	1,522	3,37	1,15	0,37	3,59
	682,00	0,5	1,318	0,63	1,480	2,85	0,97	0,42	4,01
	681,75	0,3	338	0,38	980	2,20	0,75	0,36	4,38
	681,50	0,0	0	0,13	338	1,27	0,43	0,22	4,59
<b>TOMA DE FONDO</b>									
<b>TOTAL</b>								<b>4,59</b>	<b>0,19</b>
									<b>días</b>



## 7.- CALCULOS MECANICOS

El objetivo del presente anejo de cálculos mecánicos es dimensionar desde el aspecto estructural los distintos elementos de las balsas

Para ello se ha dividido este apartado en dos grandes bloques, que corresponden a los elementos estructurales de la balsa tales como el canal de descarga del aliviadero y el estanque amortiguador tipo impacto en el que finaliza la galería de desagüe de fondo.

## 7.1.- CALCULO DEL CANAL DE DESCARGA

Las secciones tipo de cálculo adoptadas en cada uno de los tramos son las siguientes:

Tramo I:

Marco de sección uniforme de dimensiones interiores 3 x 1,00 m.

Tramo II:

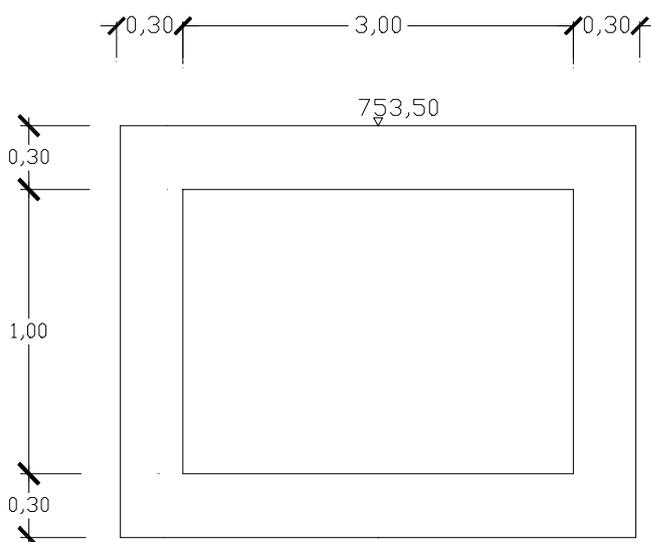
Canal de sección rectangular de 1,50 m de altura de cajeros y 3 m de anchura.

### 7.1.1.- MARCO RECTANGULAR DE DIMENSIONES INTERIORES 3 x 1 m.

Las dimensiones y acciones sobre la estructura son las siguientes.

Carro de 60 t .

Altura de tierras desde la base (H): 1,30 m



	x	y	Espesor
	(m)	(m)	(m)
1	1,65	0,00	0,30
2	1,65	1,15	0,30
3	0,00	1,15	0,30

Características de los materiales:

Hormigón :	$f_{ck} = 25 \text{ N / mm}^2$	$\gamma_c = 1.50$
Acero :	$f_{yk} = 400 \text{ N / mm}^2$	$\gamma_s = 1.15$
Cargas :	$\gamma_f = 1.60$	

Los resultados del cálculo con la aplicación del programa "ARCO" se incluyen a continuación.

### **Armado de la losa superior**

Del programa se obtiene la siguiente cuantía máxima de armado:

$$A_s = 13,08 \text{ cm}^2$$

Comprobando las cuantías mínimas

Mecánica

$$A_s > 0,04 * A_C * f_{cd}/f_{yd} = 0,04 * 0,30 * 1,00 * ((2500/1,5) / (40000/1.15)) = 5,75 \text{ cm}^2$$

Geométrica

$$A_s > 0,0012 * A_C = 3,6 \text{ cm}^2$$

Se arma toda la losa con 7 Ø 16 mm/ml interior y exteriormente ( $A_s = 14,07 \text{ cm}^2$ )

Armadura de reparto (25 % de la principal) : 4 Ø 12 mm/ml

### **Comprobación a cortante:**

Del listado del programa se obtiene un esfuerzo cortante máximo

$$Q_d = V_{rd} = 27,86 \text{ t}$$

$$V_{cu} = \left(0,10\xi^3\sqrt{(100 \times \rho_1 \times f_{ck})}\right) b \times d$$

siendo:

$$\xi = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1 + \sqrt{(200/250)} = 1,89$$

$$A_s = 14,07 \text{ cm}^2 \quad A_p = 0 \text{ cm}^2$$

$$\rho_1 = A_s / b \cdot d = 0,00563 < 0,02$$

$$V_{cu} = 11,43 \text{ t}$$

$Q_d > V_{cu}$  Es necesaria armadura para absorber el esfuerzo cortante.

#### Cálculo de la armadura de cortante:

Disponiendo las armaduras para absorber el esfuerzo cortante como cercos convencionales se tiene:  $\alpha = 90^\circ$

Deben realizarse dos comprobaciones

Agotamiento por compresión oblicua en el alma  $V_{rd} < V_{u1}$

$$V_{u1} = 0,3 \times f_{cd} \times b \times d = 125 \text{ t} > 27,86 \text{ t}$$

Agotamiento por tracción en el alma  $V_{rd} < V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$

Las armaduras deben absorber

$$V_{su} = V_d - V_{cu} = 27,86 - 11,43 = 16,43 \text{ t}$$

$$V_{su} = A_\alpha \times f_{y90d} \times 0,9 \times d \geq 16,43 \text{ t}$$

$$A_\alpha \geq \frac{16,43}{f_{y90d} \times 0,9 \times d} = 20,99 \text{ cm}^2 / \text{m} \text{ (cuantía mínima mecánica)}$$

La cuantía mínima geométrica es

$$A_{\alpha} \geq 0,02 \times b_0 \times \frac{f_{cd}}{f_{y90d}} = 9,58 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

La separación entre cercos será

$$A_{\alpha} \geq n \times \frac{(\pi \times \phi_t^2 / 4)}{s} = 20,99 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Limitación de la separación entre cercos:

$$\text{Dado que: } 1/5 V_{u1} < V_{rd} < 2/3 V_{u2} \quad s \leq 0.60 d = 15 \text{ cm}$$

$$\leq 300 \text{ mm}$$

$$\text{Tomando : } A_{\alpha} = 20,99 \text{ cm}^2 \quad \text{n}^{\circ} \text{ de ramas activas: } n = 4 \quad \phi = 10 \text{ mm}$$

$$S = 15,05 \text{ cm} \Rightarrow 7 \text{ edobles } \phi 10 \text{ mm} / \text{ml}$$

De modo que el esfuerzo total que pueden absorber los cercos seleccionados es:

$$V_{su} = A_{\alpha} \times f_{y90d} \times 0,9 \times d = 17,22 \text{ t}$$

$$V_{u2} = V_{su} + V_{cu} = 17,22 + 11,43 = 28,64 \text{ t} > V_{rd} = 27,86 \text{ t}$$

Suficiente para resistir el esfuerzo cortante al que queda solicitada la pieza.

Según el listado de esfuerzos del arco, la armadura de cortante es necesaria entre las secciones 26 y 30, correspondientes a la losa superior del mismo. La longitud en la que es necesario disponer dicha armadura de cortante es:

$$L_n = L + d/2$$

Siendo:

$L_n$  = longitud neta

$L$  = longitud en la que es estrictamente necesaria la armadura

$d$  = canto útil

Por tanto, midiendo desde el extremo de la losa, es necesario armar a cortante en una longitud neta:

$$L_n = 3,00/2 - 1,386 + d/2 = 0,24 \text{ m}$$

### Armado de los muros cajeros

Del programa se obtiene la siguiente cuantía máxima de armado:

$$A_s = 8,80 \text{ cm}^2$$

Comprobando las cuantías mínimas

Mecánica

$$A_s > 0,04 * A_c * f_{cd}/f_{yd} = 0,04 * 0,30 * 1,00 * (2500/1,5) / (40000/1.15) = 5,75 \text{ cm}^2$$

Geométrica

$$A_s > 0,0012 * A_c = 3,60 \text{ cm}^2$$

Se arma toda la losa con 5 Ø 16 mm/ml interior y exteriormente ( $A_s = 10 \text{ cm}^2$ )

Armadura de reparto (25 % de la principal) : 3 Ø 12 mm/ml

### **Comprobación a cortante:**

Del listado del programa se obtiene un esfuerzo cortante máximo

$$Q_d = V_{rd} = 3,08 \text{ t}$$

$$V_{cu} = (0,12 \xi^3 \sqrt{(100 \times \rho_1 \times f_{ck})}) b \times d$$

siendo:

$$\xi = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1 + \sqrt{(200/250)} = 1,89$$

$$A_s = 10 \text{ cm}^2 \quad A_p = 0 \text{ cm}^2$$

$$\rho_1 = A_s / b \times d = 0,00402 < 0.02$$

$$V_{cu} = 12,26 \text{ t}$$

Como  $Q_d < V_{cu}$  no es necesaria armadura para absorber el esfuerzo cortante.

### **Armado de la losa inferior**

Del programa se obtiene la siguiente cuantía máxima de armado:

$$A_s = 13,14 \text{ cm}^2$$

Comprobando las cuantías mínimas

Mecánica

$$A_s > 0,04 * A_C * f_{cd}/f_{yd} = 0,04 * 0,30 * 1,00 * ((2500/1,5)/ (40000/1.15)) = 5,75 \text{ cm}^2$$

Geométrica

$$A_s > 0,0012 * A_C = 3,60 \text{ cm}^2$$

Se arma toda la losa con 7 Ø 16 mm/ml interior y exteriormente ( $A_s = 14 \text{ cm}^2$ )

Armadura de reparto (25 % de la principal) : 4 Ø 12 mm/ml

### **Comprobación a cortante:**

Del listado del programa se obtiene un esfuerzo cortante máximo

$$Q_d = V_{rd} = 29,21 \text{ t}$$

$$V_{cu} = (0,10 \xi^3 \sqrt{(100 \times \rho_1 \times f_{ck})}) b \times d$$

siendo:

$$\xi = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1 + \sqrt{(200/250)} = 1,89$$

$$A_s = 14 \text{ cm}^2 \quad A_p = 0 \text{ cm}^2$$

$$\rho_1 = A_s / b \times d = 0,0056 < 0,02$$

$$V_{cu} = 11,41 \text{ t}$$

$Q_d > V_{cu}$  Es necesaria armadura para absorber el esfuerzo cortante.

### **Cálculo de la armadura de cortante:**

Disponiendo las armaduras para absorber el esfuerzo cortante como cercos convencionales se tiene:  $\alpha = 90^\circ$

Deben realizarse dos comprobaciones

Agotamiento por compresión oblicua en el alma  $V_{rd} < V_{u1}$

$$V_{u1} = 0,3 \times f_{cd} \times b \times d = 125t > 29,21t$$

Agotamiento por tracción en el alma  $V_{rd} < V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$

Las armaduras deben absorber

$$V_{su} = V_d - V_{cu} = 29,21 - 11,41 = 17,80t$$

$$V_{su} = A_\alpha \times f_{y90d} \times 0,9 \times d \geq 17,19t$$

$$A_\alpha \geq \frac{17,80}{f_{y90d} \times 0,9 \times d} = 22,74 \text{ cm}^2 / m \text{ (cuantía mínima mecánica)}$$

La cuantía mínima geométrica es

$$A_\alpha \geq 0,02 \times b_0 \times \frac{f_{cd}}{f_{y90d}} = 9,59 \text{ cm}^2 / m$$

La separación entre cercos será

$$A_\alpha \geq \frac{n \times (\pi \times \phi_t^2 / 4)}{s} = 22,74 \text{ cm}^2 / m$$

Limitación de la separación entre cercos:

Dado que:  $1/5 V_{u1} < V_{rd} < 2/3 V_{u2}$   $s \leq 0.60 d = 15 \text{ cm}$

$$\leq 300 \text{ mm}$$

Tomando :  $A_\alpha = 22,74 \text{ cm}^2$  n° de ramas activas:  $n = 4$   $\phi = 10 \text{ mm}$

$$s = 13,90 \text{ cm} \Rightarrow 8 \text{ dobles } \phi 10 \text{ mm} / m$$

De modo que el esfuerzo total que pueden absorber los cercos seleccionados es:

$$V_{su} = A_\alpha \times f_{y90d} \times 0,9 \times d = 20,28t$$

$$V_{u2} = V_{su} + V_{cu} = 20,28 + 11,41 = 31,69t > V_{rd} = 29,20t$$

Suficiente para resistir el esfuerzo cortante al que queda solicitada la pieza.

Según el listado de esfuerzos del arco, la armadura de cortante es necesaria entre las secciones 1 y 6, correspondientes a la losa inferior del mismo. La longitud en la que es necesario disponer dicha armadura de cortante es:

$$L_n = L + d/2$$

Siendo:

$L_n$  = longitud neta

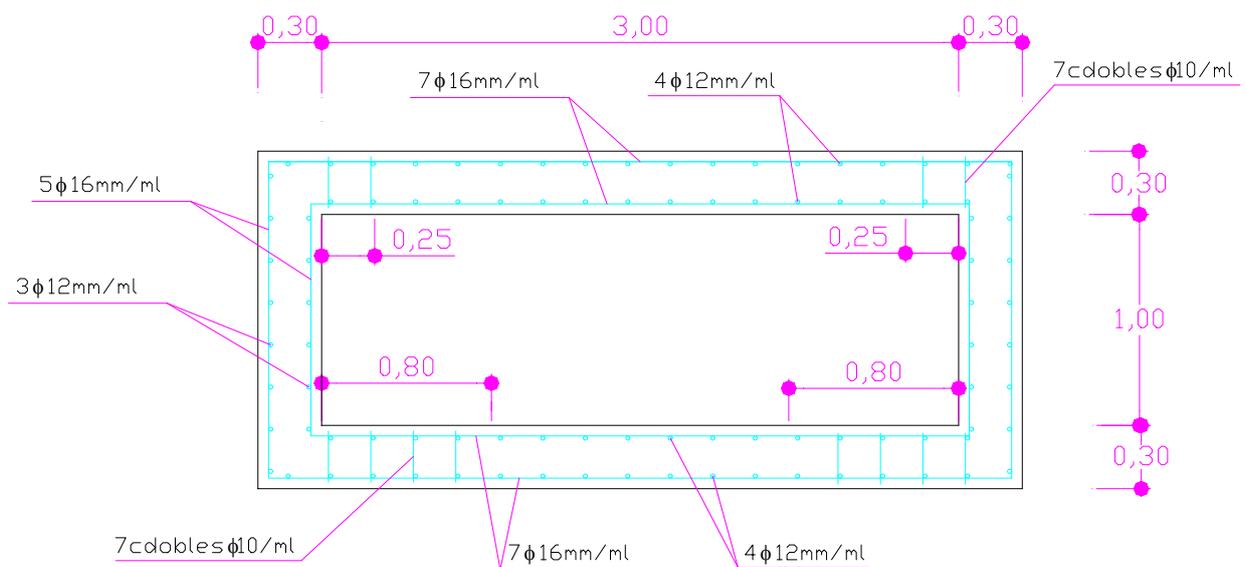
$L$  = longitud en la que es estrictamente necesaria la armadura

$d$  = canto útil

Por tanto, midiendo desde el extremo de la losa, es necesario armar a cortante en una longitud neta:

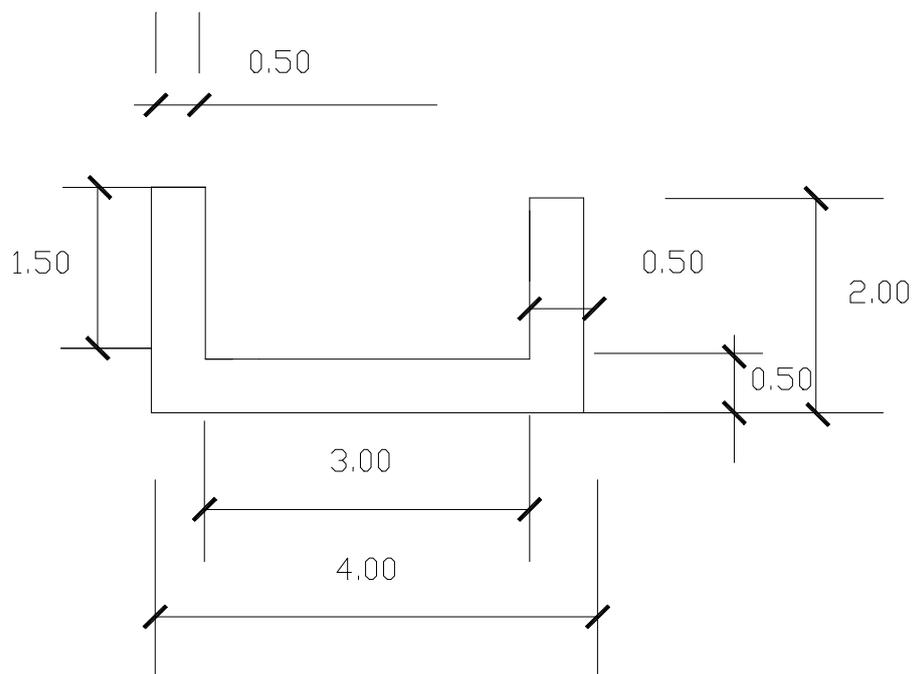
$$L_n = 3,00/2 - 0,825 + d/2 = 0,80 \text{ m}$$

### Croquis de armado:



### 7.1.2.- TRAMO II: CANAL RECTANGULAR DE DIMENSIONES INTERIORES 3,00 x 1,50 m.

Las dimensiones de la estructura son las siguientes.



#### Hipótesis de cálculo :

Canal vacío sometido al empuje lateral de un relleno sumergido para el cálculo de los muros laterales, y canal lleno para el cálculo de la losa (Hagua = 0,20 m) .

#### Características de los materiales :

Hormigón :	$f_{ck} = 25 \text{ N / mm}^2$	$\gamma_c = 1.50$
Acero :	$f_{yk} = 400 \text{ N / mm}^2$	$\gamma_s = 1.15$

#### Características del terreno :

Densidad del terreno seco ( $\gamma_t$ ) : 1.80 t/m<sup>3</sup>

Densidad del terreno sumergido ( $\gamma_s$ ) : 1.20 t/m<sup>3</sup>

Angulo de rozamiento interno ( $\varphi$ ) :  $30^\circ$

Coefficiente de empuje activo ( $\lambda$ ) :  $(1 - \text{sen } \varphi) / (1 + \text{sen } \varphi) = 0.33$

### Acciones por metro lineal de canal :

$$P1 = P2 = 0,5 * 1,5 * 2,5 = 1,88 \text{ t}$$

$$P3 = 2,5 * 4,0 * 0,5 = 5,00 \text{ t}$$

$$P_{\text{canal}} = 2 * 1,88 + 5,00 = 8,75 \text{ t}$$

$$P_{\text{agua}} = 3,00 * 0,20 * 1 = 0,60 \text{ t}$$

$$P_{\text{total}} = 8,75 + 0,60 = 9,35 \text{ t}$$

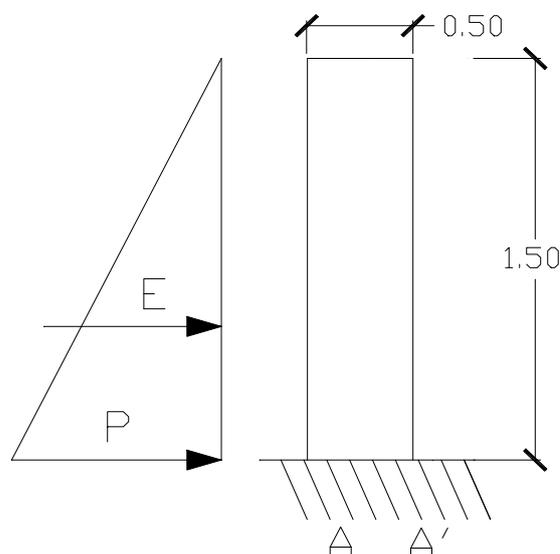
### Tensiones transmitidas al terreno :

$$\sigma = \Sigma P_i / L = 9,35 / 4,00 = 2,34 \text{ t/m}^2 = 0,23 \text{ Kg/m}^2$$

### Cálculo de armaduras

#### Muros laterales:

Se considerará como una ménsula empotrada en la base sometida al empuje exterior de un terreno sumergido supuesto el cuenco de recepción vacío.



### Sección A - A':

$$E = (1/2 * 1,50^2 * 0,33 * 1,8) = 0,67 \text{ t}$$

$$P = 2 * 0,67 / 1,50 = 0,89 \text{ t}$$

$$M = - (1/6 * P * l^2) = - 1/6 * 0,89 * 1,50^2 = - 0,33 \text{ mt}$$

$$Q = - (1/2 * P * l) = - 1/2 * 0,89 * 1,50 = - 0,67 \text{ t}$$

$$M_d = 1.6 * M = - 0,53 \text{ mt}$$

$$Q_d = 1.6 * Q = - 1,06 \text{ t}$$

Considerando un recubrimiento de armaduras de  $r = 5 \text{ cm}$  se tiene:

$$U_c = 0,85 * f_{cd} * b * d = 0,85 * 2500/1,5 * 1,00 * 0,45 = 637,5 \text{ t}$$

$$M_{tope} = 0,375 * U_c * d = 0,375 * 637,5 * 0,45 = 107,6 \text{ mt}$$

$M_d < M_{tope}$  No es necesaria armadura de compresión.

$$U_{s1} = U_c (1 - (1 - 2 * M_d / U_c * d)^{1/2}) = 0,0018 * 637,5 = 1,18 \text{ t}$$

La resistencia de cálculo del acero es  $f_{yd} = 40000/1,15 = 34782,60 \text{ t/m}^2$

La cuantía de armadura necesaria será, evidentemente, la mínima.

Comprobando las cuantías mínimas

#### Mecánica

$$A_s > 0,04 * A_c * f_{cd} / f_{yd} = 0,04 * 0,50 * 1,00 * (2500/1,5) / (40000/1,15) = 9,58 \text{ cm}^2 \Rightarrow 9 \text{ } \varnothing 12 \text{ mm/ml}$$

#### Geométrica

$$A_s > 0,0012 * A_c = 6,0 \text{ cm}^2$$

Se colocará armadura vertical simétrica formada por 9  $\varnothing$  12 mm/ml

En cuanto al esfuerzo cortante se tiene :

$$V_{cu} = (0,12\xi^3\sqrt{(100 \times \rho_1 \times f_{ck})}) b \times d$$

siendo:

$$\xi = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1 + \sqrt{(200/450)} = 1,67$$

$$A_s = 10,17 \text{ cm}^2 \quad A_p = 0 \text{ cm}^2$$

$$\rho_1 = A_s / b \cdot d = 0,0023 < 0,02$$

$$V_{cu} = 16,15 \text{ t}$$

$Q_d < V_{cu}$  No es necesaria armadura para absorber el esfuerzo cortante.

Se colocara como armadura horizontal de reparto el 25 % de la armadura principal :

$$A_r = 0,25 * 10,17 = 2,54 \text{ cm}^2 \quad \text{Que equivale a } \underline{8 \text{ } \varnothing \text{ 8 mm/ml}}$$

### Solera del canal de descarga :

Tensiones transmitidas al terreno:



$$\sigma = 2,34 \text{ t/m}^2 = 0,23 \text{ Kg/cm}^2$$

La solera, a efectos de cálculo, se considera como una viga biempotrada de 3,50 m de luz libre, sometida a una carga continua equivalente a la media de tensiones transmitidas al terreno.

$$M_A = M_B = - ( 1/12 * P * l^2 ) = - 1/12 * 2,34 * 3,50^2 = - 2,38 \text{ mt}$$

$$Q_A = Q_B = - ( 1/2 * P * l ) = - 1/2 * 2,34 * 3,50 = - 4,10 \text{ t}$$

$$M_d = 1,6 * M_A = - 3,82 \text{ mt} \quad Q_d = 1,6 * Q_A = - 6,56 \text{ t}$$

Considerando un recubrimiento de armaduras de  $r = 5 \text{ cm}$  se tiene:

$$U_c = 0,85 * f_{cd} * b * d = 0,85 * 2500/1,5 * 1,00 * 0,45 = 637,5 \text{ t}$$

$$M_{\text{tope}} = 0,375 * U_c * d = 0,375 * 637,5 * 0,45 = 107,6 \text{ mt}$$

$M_d < M_{tope}$  No es necesaria armadura de compresión.

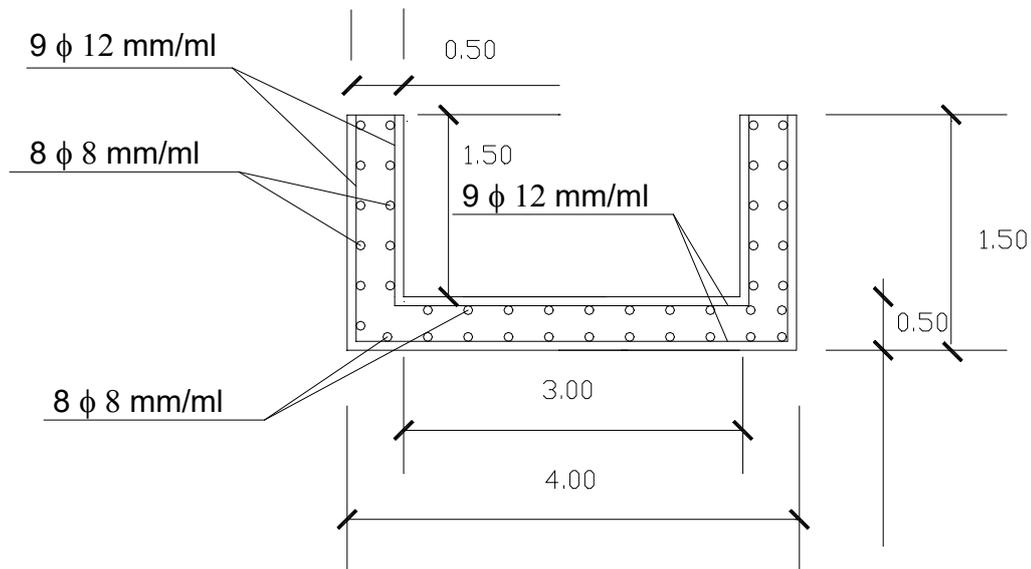
De forma análoga al cálculo de los muros cajeros laterales se obtendrá que la armadura necesaria es la cuantía mínima y que no será necesario disponer de armadura de cortante. Por tanto:

Se colocará armadura horizontal simétrica formada por 9  $\phi$  12 mm/ml

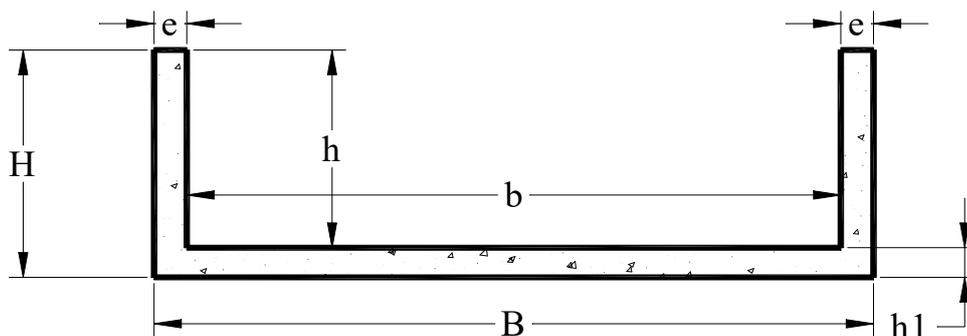
Se colocara como armadura vertical de reparto el 25 % de la armadura principal :

$A_r = 0,25 * 10,17 = 2,54 \text{ cm}^2$  Que equivale a 8  $\phi$  8 mm/ml

### Croquis de armado:



## 7.2.- CALCULO DEL ESTANQUE AMORTIGUADOR TIPO IMPACTO EN EL DESAGÜE DE FONDO



$$B = 3.10 \text{ m}$$

$$H = 2.40 \text{ m}$$

$$b = 2.70 \text{ m}$$

$$h = 2.20 \text{ m}$$

$$e = 0.20 \text{ m}$$

$$h_1 = 0.20 \text{ m}$$

### Hipótesis de cálculo :

Canal vacío sometido al empuje lateral de un relleno sumergido hasta coronación para el cálculo de los muros laterales, y canal lleno para el cálculo de la losa (Hagua = 1.50 m).

### Características de los materiales :

$$\text{Hormigón : } f_{ck} = 25 \text{ N / mm}^2 \quad \gamma_c = 1.50$$

$$\text{Acero : } f_{yk} = 500 \text{ N / mm}^2 \quad \gamma_s = 1.15$$

### Características del terreno :

$$\text{Densidad del terreno seco } (\gamma_t) : 1.80 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Densidad del terreno sumergido } (\gamma_s) : 1.20 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Angulo de rozamiento interno } (\varphi) : 30^\circ$$

Coefficiente de empuje activo ( $\lambda$ ) :  $(1 - \text{sen } \varphi) / (1 + \text{sen } \varphi) = 0'33$

### Acciones por metro lineal de canal :

$$P1 = 0'20 \times 2'20 \times 1'00 \times 2'50 = 1'10 \text{ t}$$

$$P2 = 0'20 \times 2'20 \times 1'00 \times 2'50 = 1'10 \text{ t}$$

$$P3 = 3'10 \times 0'20 \times 1'00 \times 2'50 = 1'55 \text{ t}$$

$$P_{\text{canal}} = 2 \times 1'10 + 1'55 = 3,75 \text{ t}$$

$$P_{\text{agua}} = 2,70 \times 1'50 \times 1'00 = 4,05 \text{ t}$$

$$P_{\text{total}} = 3,75 + 4,05 = 7,80 \text{ t}$$

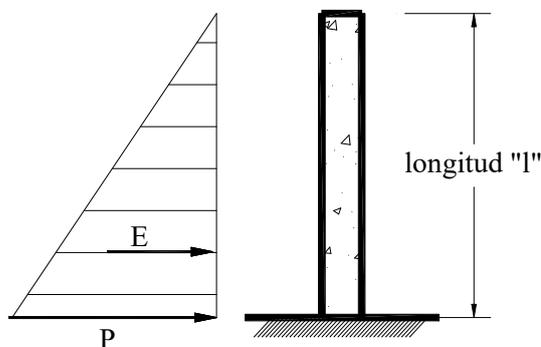
### Tensiones transmitidas al terreno :

$$\sigma = \Sigma P_i / L = 7,80 / 3'10 = 2'52 \text{ t/m}^2 = 0'252 \text{ Kg/m}^2$$

### Cálculo de armaduras

### Muros laterales :

Se considerará como una ménsula empotrada en la base sometida al empuje exterior de un terreno sumergido.



### Sección A - A' : (Sección del empotramiento)

$$E = (1/2 \times 2'20^2 \times 0'33 \times 1'2) + (1/2 \times 2'20^2 \times 1) = 3,38 \text{ t}$$

$$P = 0.33 \times 1,2 \times 2,20 = 0,87 \text{ t}$$

$$M = - (1/6 \times P \times l^2) = - 0,70 \text{ mt}$$

$$Q = - (1/2 \times P \times l) = - 0,96 \text{ t}$$

$$M_d = 1'6 \times M = - 1'12 \text{ mt}$$

$$Q_d = 1'6 \times Q = - 1,53 \text{ t}$$

Considerando un recubrimiento de armaduras de  $r = 5 \text{ cm}$  se tiene:

$$U_c = 0.85 \times f_{cd} \times b \times d = 0,85 \times 2500/1'5 \times 1'00 \times 0'15 = 212'5 \text{ t}$$

$$M_{\text{tope}} = 0'375 \times U_c \times d = 0'375 \times 212.5 \times 0'15 = 11'95 \text{ mt}$$

$M_d < M_{\text{tope}}$  No es necesaria armadura de compresión.

$$U_{s1} > \begin{cases} 0'04 \times U_c = 0'04 \times 212'50 = 8'50 \text{ t} \\ U_{s1} = U_c (1 - (1 - 2 \times M_d / U_c \times d)^{1/2}) = 0'0357 \times 212'50 \\ = 7,60 \text{ t} \end{cases}$$

Por tanto:  $U_{s1} = U_{s2} = 8'50 \text{ t}$

La resistencia de cálculo del acero es  $f_{yd} = 50000/1,15 = 43478,26 \text{ t/m}^2$

La sección necesaria de acero será  $S = 8'50 / 43478,26 = 1,95 \text{ cm}^2$

Comprobando las cuantías mínimas:

Mecánica

$$A_s > 0,04 \times A_c \times f_{cd}/f_{yd} = 0,04 \times 0,20 \times 1,00 \times ((2500/1,5)/(50000/1,15)) \\ = 3,07 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow \underline{7 \text{ } \varnothing \text{ 8 mm/ml}} \text{ (} A_s = 3,52 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Geométrica

$$A_s > 0,0009 \times A_c = 1,80 \text{ cm}^2$$

La cuantía mínima de armadura principal será:

Se colocará **armadura vertical simétrica** formada por **7  $\varnothing$  8 mm/ml**

Se colocará como **armadura horizontal de reparto** el 25 % de la armadura principal :  $A_r = 0'25 \times 3,14 = 0'785 \text{ cm}^2$  Que equivale a **3  $\varnothing$  6 mm/ml**

**En cuanto al esfuerzo cortante se tiene:**

$$V_{u2} = \left(0,12\xi^3\sqrt{(100 \times \rho_1 \times f_{ck})}\right) b \times d$$

$$\xi = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1 + \sqrt{(200/150)} = 2,154$$

$$A_s = 3,14 \text{ cm}^2 \quad A_p = 0 \text{ cm}^2$$

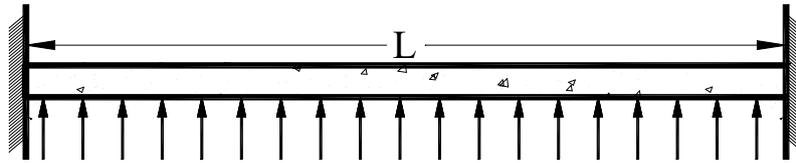
$$\rho_1 = (A_s + A_p(f_{yp}/f_{yd})) / b \times d = 0,00209 < 0,02$$

$$V_{u2} = 6,73 \text{ t}$$

$Q_d < V_{u2}$  No es necesaria armadura para absorber el esfuerzo cortante.

### Solera del canal de descarga :

Tensiones transmitidas al terreno:



$$L = 2,90 \text{ m}$$

$$\sigma = 2,52 \text{ t/m}^2 = 0,252 \text{ Kg/cm}^2$$

La solera, a efectos de cálculo, se considera como una viga biempotrada sometida a una carga continua equivalente a la media de tensiones transmitidas al terreno.

$$M_A = M_B = - \left( \frac{1}{12} \times P \times l^2 \right) = - \frac{1}{12} \times 2,52 \times 2,90^2 = - 1,77 \text{ mt}$$

$$Q_A = Q_B = - \left( \frac{1}{2} \times P \times l \right) = - \frac{1}{2} \times 2,54 \times 3,70 = - 3,65 \text{ t}$$

$$M_d = 1,6 \times M_A = - 2,83 \text{ mt}$$

$$Q_d = 1,6 \times Q_A = - 5,84 \text{ t}$$

Considerando un recubrimiento de armaduras de  $r = 5 \text{ cm}$  se tiene:

$$U_c = 0,85 \times f_{cd} \times b \times d = 0,85 \times 2500/1,5 \times 1,00 \times 0,15 = 212,5 \text{ t}$$

$$M_{\text{tope}} = 0,375 \times U_c \times d = 0,375 \times 212,5 \times 0,15 = 11,95 \text{ mt}$$

$M_d < M_{\text{tope}}$  No es necesaria armadura de compresión.

$$Us1 > \begin{cases} 0'04 \times Uc = 0'04 \times 212.5'00 = 8'50 \text{ t} \\ Us1 = Uc ( 1 - ( 1 - 2 \times M_d / Uc \times d )^{1/2} ) = 0'0931 \times 212'50 = \\ 19'79 \text{ t} \end{cases}$$

Por tanto:  $Us1 = Us2 = 19'79 \text{ t}$

La resistencia de cálculo del acero es  $f_{yd} = 50000/1,15 = 43478,26 \text{ t/m}^2$

La sección necesaria de acero será  $S = 19,79 / 43478,26 = 4,55 \text{ cm}^2$

**6Ø10mm/ml** ( $A_s = 4,71 \text{ cm}^2$ )

Comprobando las cuantías mínimas:

Mecánica

$$A_s > 0,04 * A_c * f_{cd}/f_{yd} = 0,04 * 0,20 * 1,00 * ((2500/1,5)/(50000/1,15)) \\ = 3,06 \text{ cm}^2$$

Geométrica

$$A_s > 0,0009 * A_c = 1,80 \text{ cm}^2$$

La cuantía mínima de armadura principal será  $4,55 \text{ cm}^2$

Se colocará **armadura vertical simétrica** formada por **6 Ø 10 mm/ml**

Se colocará como **armadura horizontal de reparto** el 25 % de la armadura principal :

$$A_r = 0'25 * 4,71 = 1,18 \text{ cm}^2 \quad \text{Que equivale a } \underline{\underline{5Ø 6 mm/ml}}$$

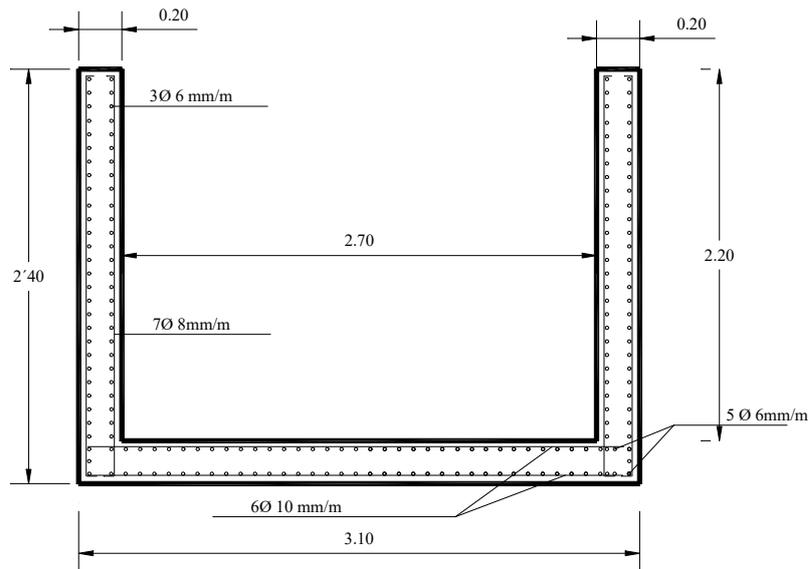
En cuanto al esfuerzo cortante se tiene :

$$\left. \begin{aligned} V_{u2} &= (0,12\xi^3\sqrt{(100 \times \rho_1 \times f_{ck})}) b \times d \\ \xi &= 1 + \sqrt{(200/d)} = 1 + \sqrt{(200/150)} = 2'154 \\ A_s &= 4,71 \quad A_p = 0 \text{ cm}^2 \\ \rho_1 &= A_s / b \times d = 0,00235 < 0'02 \end{aligned} \right\} V_{u2} = 6,99 \text{ t}$$

$Q_d < V_{u2}$  No es necesaria armadura para absorber el esfuerzo cortante.

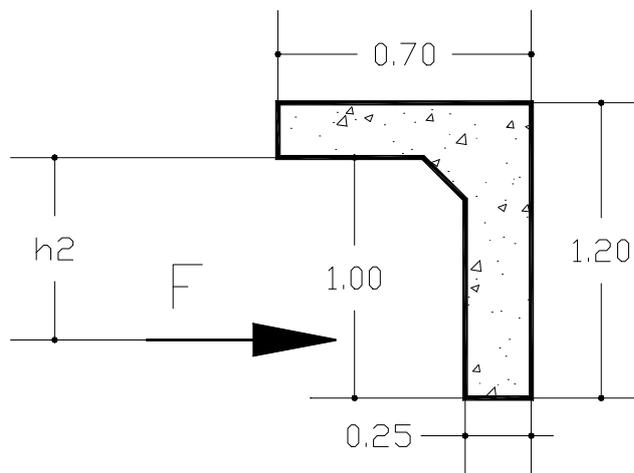
Se colocará como **armadura horizontal de reparto** el 25 % de la armadura principal :  $A_r = 0'25 \times 4,71 = 1,18 \text{ cm}^2$  Que equivale a **5 Ø 6 mm/ml**

### Croquis de armado:



### Cálculo de armado del muro receptor del impacto:

Las dimensiones de la estructura según el siguiente esquema son:



### Hipótesis de cálculo :

Desagüe trabajando a plena carga por un conducto de 600 mm de diámetro. Se considera como únicas solicitaciones las producidas por la fuerza debida al impacto del desagüe.

### Características de los materiales :

$$\text{Hormigón : } f_{ck} = 25 \text{ N / mm}^2 \quad \gamma_c = 1'50$$

$$\text{Acero : } f_{yk} = 500 \text{ N / mm}^2 \quad \gamma_s = 1'15$$

### Acciones :

La fuerza debida al impacto del flujo contra el muro se calcula según la expresión:

$$F = \gamma \times S \times (d + hv)$$

Siendo:  $\gamma$  : Peso específico del agua  $1'00 \text{ t/m}^3$

$S$  : Area de impacto.

$(d + hv)$  : Energía específica del agua.

Para el diámetro se tiene:

Tubería  $\varnothing$  600 mm

$$Q = 2'34 \text{ m}^3/\text{sg}$$

$$v = 8'27 \text{ m/sg}$$

$$b = 2'70 \text{ m}$$

$$d = Q / (v \times b) = 0'104 \text{ m}$$

$$hv = v^2 / 2g = 3'49 \text{ m}$$

$$S = \pi \varnothing^2 / 4 = 0'283 \text{ m}^2$$

$$F = 1'00 \times 0'283 \times 3,594 = 1,02 \text{ t}$$

$$h_2 = 1'00 - 0'30 = 0'70 \text{ m}$$

$$QA = 1,02 \text{ t}$$

$$MA = 0'70 \times 1,02 = 0'714 \text{ mt}$$

Como valores de cálculo se tomarán:

$$M_d = 1'60 \times 0,714 = 1,14 \text{ mt}$$

$$Q_d = 1'60 \times 1,02 = 1,63 \text{ t}$$

Considerando un recubrimiento de armaduras de  $r = 5 \text{ cm}$  se tiene:

$$U_c = 0'85 \times f_{cd} \times b \times d = 2500/1'50 \times 1'00 \times 0'20 = 283'33 \text{ t}$$

$$M_{tope} = 0'375 \times U_c \times d = 0'375 \times 283'33 \times 0'20 = 21'25 \text{ mt}$$

$M_d < M_{tope}$  No es necesaria armadura de compresión.

La cuantía mínima de armadura principal será:

$$U_{s1} = U_c (1 - (1 - 2 \times M_d / U_c \times d)^{1/2}) = 0'0272 \times 283'33 = 5'76 \text{ t}$$

La resistencia de cálculo del acero es  $f_{yd} = 50000/1,15 = 43478,26 \text{ t/m}^2$

La sección necesaria de acero será  $S = 5'76 / 43478,26 = 1,32 \text{ cm}^2$

Comprobando las cuantías mínimas:

Mecánica

$$A_s > 0,04 \times A_c \times f_{cd}/f_{yd} = 0,04 \times 0,25 \times 1,00 \times ((2500/1,5)/(50000/1,15)) = 3,83 \text{ cm}^2$$

⇒ **5 Ø 10 mm/ml**

Geométrica

$$A_s > 0,0009 \times A_c = 2,25 \text{ cm}^2$$

Se colocará armadura vertical simétrica formada por **5 Ø 10 mm/ml**

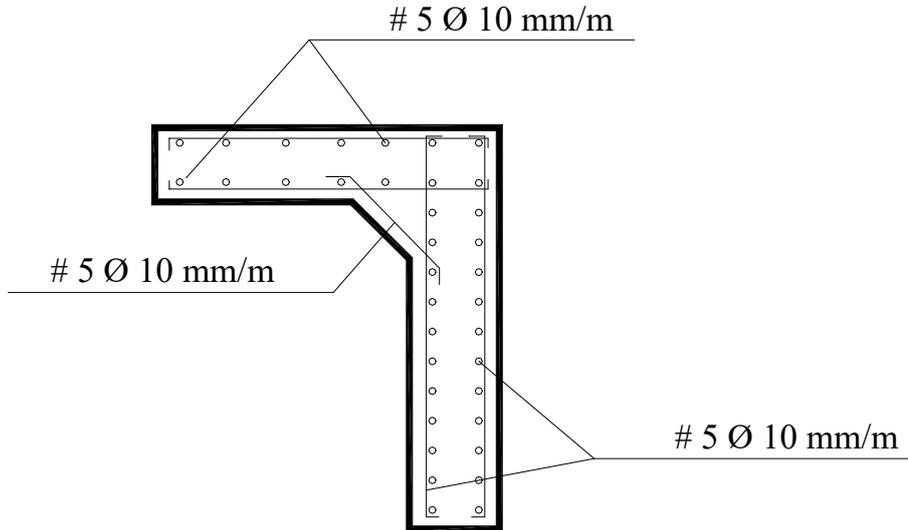
En cuanto al esfuerzo cortante se tiene :

$$\left. \begin{aligned} V_{u2} &= (0,12 \xi \sqrt{(100 \times \rho_1 \times f_{ck})}) b \times d \\ \xi &= 1 + \sqrt{(200/d)} = 1 + \sqrt{(200/200)} = 2'00 \\ A_s &= 3,93 \text{ cm}^2 \quad A_p = 0 \text{ cm}^2 \\ \rho_1 &= A_s / b \times d = 0'00197 < 0'02 \end{aligned} \right\} V_{u2} = 8,17 \text{ t}$$

$Q_d < V_{u2}$  No es necesaria armadura para absorber el esfuerzo cortante.

Se colocara como **armadura, un emparrillado de 5 x 5 Ø 10 mm/ml**

**Croquis de armado:**



## 8.- ESTABILIDAD DE LOS TALUDES

A continuación, presenta la estabilidad de taludes correspondiente a las balsas, obtenido tras las las investigaciones geotécnicas y la caracterización de los suelos para el proyecto realizado por Enmacosa consultoría técnica, presentado en el anejo nº 7

### 8.1.- CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS

La sección más desfavorable del dique en todas las balsas presenta las siguientes características geométricas:

- Altura máxima..... 5,00 m
- Anchura de coronación..... 5,00 m
- Talud aguas arriba..... 2,0 / 1
- Talud aguas abajo..... 2,4 / 1
- Altura lámina de agua a N.A.P..... 4,00 m

### 8.2.- METODOLOGÍA DE CÁLCULO.

El cálculo de estabilidad se hace considerando los datos geológicos y los obtenidos en la investigación geotécnica se han clasificado los materiales yacientes. Éstos serán los mismos que se utilizarán en los rellenos.

El cuerpo de los rellenos se compondrá de materiales tipo suelo. No se descarta que, en algunas de las ubicaciones, estos materiales se utilicen mezclados con materiales rocosos, resultando un relleno mayoritario de tipo todo-uno.

De forma conservadora, se atribuyen unos parámetros resistentes medios propios de terraplén compactado. En el caso de los Todo-Uno, si bien el ángulo de rozamiento interno aumentará, puede esperarse una bajada de cohesión por el menor contenido en finos.

Uno de los problemas frecuentemente presentes en la fase de proyecto reside en la adopción de los parámetros de corte a considerar para el material constitutivo de los rellenos, una vez excavado en los desmontes, extendido y compactado.

Este problema se acentúa cuando se trata de granulometrías gruesas (Todo-Uno, Pedraplén, Escollera...), donde no resulta sencillo determinar dichos parámetros a partir de ensayos de resistencia.

En general, los materiales que se utilizarán para la construcción de los rellenos compactados son de carácter granular

No se dispone de ensayos de resistencia sobre los suelos compactados, por lo que se ha optado por considerar unos parámetros de cálculo medios y conservadores, usados en obras similares con resultados aceptables

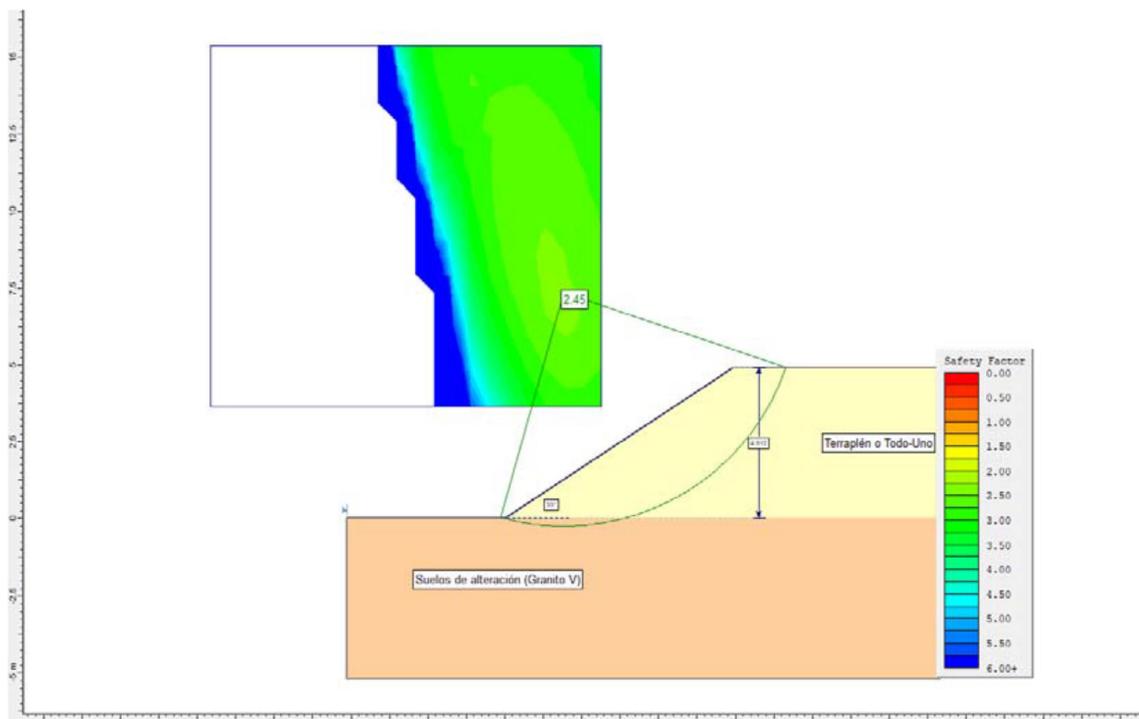
- Cohesión efectiva:  $c' = 0.15 \text{ Kg/cm}^2$
- Ángulo de rozamiento interno efectivo:  $\phi' = 33^\circ$
- Densidad:  $\rho = 1.95 \text{ g/cm}^3$

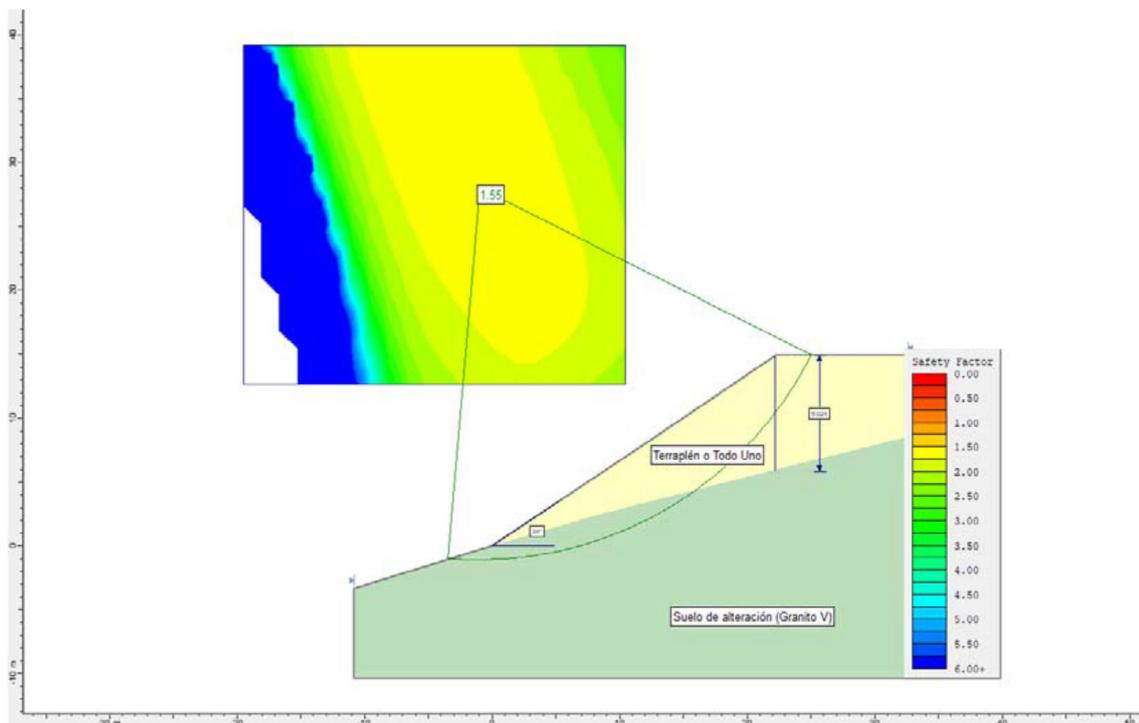
En el caso de los rellenos de tipo Todo-Uno, la mayoría de los que se ejecutarán, si bien el ángulo de rozamiento interno aumentará al hacerlo la granulometría, la cohesión disminuirá, equilibrando de forma aproximada la resistencia al corte. En este sentido se propone adoptar los mismos parámetros de cálculo.

El cálculo de estabilidad de los taludes de relleno se ha realizado mediante métodos de equilibrio límite frente a rotura circular, al igual que en el caso de la estabilidad de los taludes de desmonte.

Para el establecimiento de los taludes de los rellenos, se fija el coeficiente de seguridad frente al deslizamiento en 1.50; Con este valor se garantiza que el terraplén es estable, incluso en sus bordes (en donde las condiciones de compactación son más desfavorables que en el resto del cuerpo del terraplén), al tiempo que se reducen las deformaciones transversales de forma que no se produzca agrietamiento longitudinal ni su figuración.

Se ha trabajado partiendo de una sección tipo con ángulo de talud 3H:2V. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:





En los modelos analizados se han supuesto los casos más desfavorables posibles: Terraplenes a media ladera y cimentación sobre suelos de alteración. Por otro lado, se han considerado alturas de terraplén posiblemente superiores a los que puedan surgir del proyecto, por lo que los cálculos realizados serían conservadores.

Por lo demás, las configuraciones analizadas serían estables en situación persistente, por lo que se valida, de forma general, la inclinación de 3H:2V para los terraplenes proyectados; No obstante, debemos insistir que, especialmente en el caso de los taludes externos de los cierres, resulta interesante tender los taludes a 2H:1V. De este modo se facilita la revegetación y se minimiza la posibilidad de formación de cárcavas.

**8.3.- ESTUDIO DE ESTABILIDAD. CONCLUSIONES.**

Dado que se debe sanear la tierra vegetal y el apoyo se llevará a cabo sobre suelos de alteración o bien el macizo rocoso alterado, se descarta la posibilidad de rotura del cimiento del terraplén por baja resistencia.

En consecuencia de los resultados obtenidos, queda comprobada la estabilidad de los diques para las características geométricas de las balsas proyectadas

El autor del proyecto

José Antonio Marra Bolaño

Ingeniero Agrónomo