

785-11

MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION
INSTITUTO NACIONAL PARA LA CONSERVACION DE LA NATURALEZA

CONSEJERIA DE AGRICULTURA Y PESCA DE BALEARES
SERVICIO DE CONSERVACION DE LA NATURALEZA

PROYECTO DE RESTAURACION HIDROLOGICA
FORESTAL DE DEFENSA DE LA VEGA Y
BAHIA DE ALCUDIA

(Torrentes de San Miguel y Aumedrá)
Provincia: BALEARES
Término Municipal: INCA Y OTROS

Madrid, Junio de 1.986

EL INGENIERO DE MONTES

Memoria

Anexo nº 5 - RESTAURACION HIDROLOGICO - FORESTAL



EMPRESA DE TRANSFORMACION AGRARIA, S.A.

ANEXO Nº 5

I N D I C E

I N D I C E

Página

5.1. PROYECTO DE ACCIONES BIOLÓGICAS

ELECCION DE ESPECIE. OBJETIVOS A LOGRAR	1
PREPARACION DEL SUELO	3
PLANTACION	4
CUIDADOS CULTURALES	5

5.2. PROYECTOS DE HIDROTECNIAS DE CORRECCION DE CAUCES

ELECCION DE TIPO DE ESTRUCTURA	7
DISEÑO Y CALCULO DE ESTRUCTURAS DE MAM- POSTERIA HIDRAULICA	9
- Cálculo de parámetros geométricos	10
- Cálculos hidráulicos	15
CONSTRUCCION DE ALBARRADAS	39
- Albarradas de mampostería gavionada ..	40

T E X T O

5.1. PROYECTO DE ACCIONES BIOLÓGICAS

ELECCION DE ESPECIE. OBJETIVOS A LOGRAR.

Teniendo en cuenta las características edáficas y climáticas de la zona, la especie principal a emplear para la reforestación es el *Pinus halepensis*, a razón de 800 ³⁰⁰ pies por hectárea. El *Pinus halepensis* (Pi blanc, Pi -- bord, Pino carrasco), es capaz de arraigar en zonas rocosas calizas, como lo demuestran muchos pinares de la isla. Su función principal será la sujeción del escaso suelo existente. Junto con los pinos, y entremezclándose con ellos, se plantarán ³⁰⁰ 400 pies por hectárea de -- *Quercus ilex* (Auxina, Alzina, Carrasca, ...), cuyo objeto fundamental es la consecución de una masa mixta, cuya evolución natural a medio plazo, será hacia el encinar en las zonas más favorables y hacia el pinar en las menos favorables.

La encina, necesita de una protección inicial para que sus crecimientos sean, al menos, los mínimos requeridos. Esta protección la proporciona el pino, menos exigente en sus primeros años, con un mayor crecimiento longitudinal en esas primeras edades.

En zonas de altitudes mayores de 750 mts., y siempre que el Ingeniero Director lo estime oportuno, se podrá emplear el *Pinus nigra*, a razón de ⁶⁰⁰ 1.200 plantas por hectárea.

La reforestación de la cuenca torrencial del Torrent de Sant Miquel debe entenderse como una ayuda a la naturaleza, que invierte su proceso degradatorio y anticipa -- en varios estadios su evolución hacia el ecosistema de bosque, óptimo grado que puede alcanzar la vegetación --

para el control de los fenómenos erosivos. La completa eficacia del bosque se logrará si la masa creada tiene posibilidades de desarrollar todo el potencial biológico disponible, para lo cual, se ha de dar facilidad a la posible evolución de esta hacia la climax de la zona. Es por ello, por lo que se fomenta la presencia de ejemplares climáticos (*Quercus ilex* en la zona), protegidos inicialmente por el estadio anterior en la evolución del medio vegetal (*Pinus halepensis*). Esta evolución será más o menos rápida según el nivel de degradación actual de la vegetación y, sobre todo, del suelo. En las zonas menos secas y que dispongan todavía de un suelo rico, posiblemente dos o tres generaciones bastarán para que se imponga el encinar al pinar, dado que éste último no prospera bajo la sombra tupida del arbolado. En las zonas menor favorecidas, el estado subclimático del pinar durará mucho tiempo, pues la falta casi total de suelo inicial, no permitirá una densidad elevada de encina y matorral, por lo que las primeras generaciones serán fundamentalmente de pinos, y su objetivo será la lenta pero paulatina mejora del microclima y la formación de suelo, sobre el que en un futuro más o menos lejano, se irán asentando especies arbustivas y arbóreas de mayor nobleza.

Repetiremos una vez más, que los objetivos básicos de la reforestación en el presente proyecto son la defensa y protección del suelo contra la erosión laminar, la creación y mejora del suelo, y el aumento de la infiltración y sus consecuencias positivas en el control de avenidas y en la recarga de acuíferos.

Como objetivos secundarios, se persigue la mejora del paisaje, la producción de leñas e incluso madera a más largo plazo, el uso social y recreativo de determinadas zonas, etc.

PREPARACION DEL SUELO

- Ahoyado manual para reforestación, con Pinus halepensis y Quercus ilex, o con Pinus nigra.

El marcado de los hoyos se hará con cuerda u otros medios, en terrenos no irregulares en cuanto a profundidad (siendo ésta suficiente), y a razón de 1.200⁶⁰⁰ hoyos por hectárea, es decir, una separación entre hoyos con secutivos de unos 2,85^{4,03} mts. En terrenos de acusada -- irregularidad en cuanto a profundidad del suelo, pero siendo éste suficiente para la ejecución del hoyo, se señalarán por tanteo los sitios en los que es posible la apertura del hoyo, tratando siempre de ajustarse a la cifra de 1.200⁶⁰⁰ hoyos por hectárea.

El obrero ahoyador removerá la tierra con el zapapico, extrayéndola a continuación con la azada y depositándola en los terrenos pendientes hacia abajo en el borde del hoyo, para retener la escorrentía.

Las dimensiones del hoyo patrón serán de 0,40 x 0,40 - m2. y 0,40 m. de profundidad. La época de realización de los mismos será en invierno-primavera, con humedad en el suelo.

- Ahoyado con barrón en las grietas en las zonas rocosas, para reforestación, con Pinus halepensis y Quercus ilex, o con Pinus nigra.

El barronero, que habrá de ser especialista, ensanchará las grietas profundas con el barrón, con la punta - del cual golpea aquellas grietas con aspecto de ser - plantables, y lo irá introduciendo haciéndolo caer repetidamente en el mismo sitio, con un leve movimiento

de rotación que ensancha el hoyo hasta darle un diámetro de 17 cm. Si alcanza los 40 cm. de profundidad, el hoyo puede darse como bueno para plantar.

Se tratará de conseguir los ⁶⁰⁰ 1.200 hoyos por hectárea.

PLANTACION

El obrero rellena de tierra el hoyo hasta una profundidad tal que colocando el cepellón vertical quede el borde del hoyo por encima del cuello de la raíz, lo cual supone rellenar unos 15 ó 20 cm. sobre el fondo del hoyo manual. Rompe entonces el fondo de la bolsa con la mano y la coloca vertical sobre la tierra vertida y adosada a la pared de menor cota; termina de rellenar el hoyo, comprime la tierra contra la bolsa con los pies y arregla la superficie exterior del hoyo dándole una cierta contrapendiente para que retenga el agua de escorrentía, pero que no se encharque junto a la planta. Con ello la planta queda enterrada en la mitad de su parte aérea. - La densidad de plantación será de ⁶⁰⁰ 1.200 plantas por hectárea.

En el caso de hoyos abiertos con barrón entre las grietas de las rocas, se rellena de tierra unos 20 cm., se introduce por los plantadores la planta con su bolsa de polietileno sesgada en el fondo; se rellena el hoyo bien, de modo que no queden huecos y se aporcala la planta con tierra hasta un tercio de su parte aérea aproximadamente. La tierra se obtiene de las restantes grietas o de lugares algo más alejados. La ejecución de los hoyos y la plantación serán en este caso simultáneas. La densidad de plantación será de ⁶⁰⁰ 1.200 plantas por hectárea.

La plantación deberá realizarse a partir de la caída de las primeras lluvias de otoño y será interrumpida en --

aquellos días en que los fuertes vientos, las heladas o la prolongada sequía así lo aconsejen. Serán siempre seguidas las normas que a este respecto dicte el Ingeniero Director de la obra y, en cualquier caso, se tendrá en cuenta la necesidad de regar las plantas y protegerlas de los vientos, de las heladas y del sol, en tanto permanezcan depositadas en el monte en espera de ser -- plantadas.

CUIDADOS CULTURALES

En la primavera siguiente a la plantación, se dará una primera bina, cuando la hierba desarrollada aún no haya fructificado, y otras dos, repartidas a lo largo -- del verano, con objeto de eliminar la vegetación herbácea que nace alrededor de la planta y remover el suelo en torno a la planta.

La época de las binas y la profundidad de la labor serán dictadas, en todo caso, por el Ingeniero Director de la Obra.

Otros cuidados culturales, tales como mejoras de la masa, tratamientos, plagas, ... no se han contemplado en este Proyecto, dado que se considera la reforestación como la acción más urgente.

Por otro lado, se estima que aparte de los cuidados culturales imprescindibles que conlleva la reforestación y que han sido contemplados, no son necesarios otros trabajos culturales en los primeros años, salvo que se produzcan imprevistos, en cuyo caso se tomarán por parte de la Administración Autónoma, las medidas oportunas.

5.2. PROYECTO DE HIDROTECNICAS DE CORRECCION DE CAUCES

Como se ha visto, la zona de estudio corresponde a las cuencas hidrográficas de los torrentes de San Miquel y Aumedrá, que se encuentran en la zona Norte-Central de la Isla de Mallorca. Ambas vierten en el canal de Sirana que a su vez atrevesando la Albufera de Alcudia, desembocan en la bahía del mismo nombre.

Las cabeceras de ambas cuencas se sitúan en el conjunto montañoso conocido en la isla como Sierra de Tramontana. Es en esta zona de los torrentes de San Miquel y Aumedrá, donde sus características morfológicas, geológicas, climáticas y biológicas definen una torrencialidad más acusada.

Esta torrencialidad acusada da origen a caudales líquidos muy elevados, que junto a los acarreos, ocasionan -- periódicamente daños considerables en las zonas dominadas por los torrentes. Con tal motivo se han proyectado diques de cierre en los barrancos que presentaban actividad apreciable y que a su vez, contenían emplazamientos adecuados para los mismos.

Dentro de la cuenca del Torrente de Aumedrá se han proyectado diques de cierre en los torrentes de Sollerich y Aumedrá.

Por su parte en la cuenca correspondiente al Torrente de Sant Miquel, los diques proyectados se localizan en los torrentes de Es Prat, Sa Coma, Campanet, Gabelli y Ses Cortarades.

A su vez se han proyectado albarradas en la red de drenaje secundaria y cabeceras de los torrentes principales, con el objeto de acercarnos a los perfiles de equilibrio de los mismos.

Se pretende que la ejecución de estas obras se realice una vez visto el comportamiento de los torrentes frente a los diques de cierre construidos con anterioridad.

Las albarradas se han situado en las cuencas de los torrentes Sellerich, Aumedrá, Biniatsent, Masanella, Prat, Horts, Sa Coveta Negra, Sa Coma, Picarol, Camp y Masana.

Tanto los diques de cierre como las zonas de actuación con albarradas se localizan en los planos escala 1:10.000 de situación de diques y acciones biológicas.

ELECCION Y TIPO DE ESTRUCTURA

Los criterios que deben considerarse en la elección del tipo de estructura, de acuerdo con la Convención de Viena sobre "diques de corrección de cauces torrenciales" (1972), ya ha sido analizada en la Memoria al tratar del Proyecto de Hidrotecnias para la corrección.

La aplicación genérica de estos criterios de vida útil, mantenimiento, adaptación a la sección del emplazamiento, posibilidades de recrecido, utilización del material "in situ", transporte del material de construcción, mínimo equipamiento necesario, posibilidad de mecanización, método de ingeniería y tiempo requerido para la construcción, lleva a la posibilidad de empleo de cualquiera de los tipos hormigón, mampostería hidráulica, mampostería gavionada y tierra, en el orden que se citan.

Esos criterios generales deben complementarse con otros que matizan las circunstancias concretas de esos cursos representativos, cuya reseña torrencial se ha hecho de tipo físico y funcional.

Los de tipo físico pueden ser el topográfico, en cuanto a que la anchura de los cauces dificulta la construcción de los diques de tierra; el geológico y condiciones de los - cimientos, ya que, salvo en contadas secciones de las posibles para el emplazamiento de estructuras en que existe roca, en general son emplazamientos sobre granulometría - fina; y las características del aliviadero que habría que considerar como criterio decisivo en estas pequeñas estructuras.

Los de tipo funcional se basan en las etapas de funcionamiento de las estructuras de corrección. En la primera -- etapa de colmatación, actúa como embalse de agua y el dique está sometido al empuje hidrostático ($\gamma = 1,2 \text{ t.m}^{-3}$), con distribución trapezoidal de presiones. La segunda etapa comprende el período de aterramiento, hasta que los sedimentos llenen el vaso del dique; el drenaje del depósito a través de mechinales o barbaconas, alivia el posible empuje de tierras mojadas. La tercera etapa supone la consolidación del depósito, quedando el dique sometido al empuje de tierras.

De aquí la importancia de dotar a la estructura de cierta permeabilidad, pero no solo para aliviar empujes y subpresiones que el cálculo podría resolver, sino para evitar en la 1ª etapa un efecto prolongado de embalse que afectaría desfavorablemente a la estabilidad de las laderas marginales.

Estos criterios físicos y funcionales llevan a elegir como tipo de estructuras más convenientes según las circunstancias de cada caso, las de mampostería hidráulica para los diques de cierre y mampostería gavionada para las albarradas, calculados en los dos casos como de gravedad.

DISEÑO Y CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERIA - HIDRAULICA

Como es conocido, las estructuras de gravedad, son las que se calculan en hipótesis, de que su peso es la fuerza que ejerce mayor influencia en la estabilidad.

En el cálculo de estas estructuras deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones:

- No deben producirse tensiones de tracción apreciables en ningún punto del dique. Para esto se precisa que la resultante de todas las fuerzas exteriores que actúan por encima de cualquier sección horizontal, quede dentro del núcleo central.
- El dique debe ser estable a la posibilidad de deslizamiento a lo largo de cualquier punta horizontal o de la base. Para ello, es necesario que la resultante de las fuerzas que actúan por encima de dicha sección o base, forme con la vertical un ángulo α tal que la $\tan \alpha$ sea menor que el coeficiente de rozamiento correspondiente.
- Las tensiones de compresión que se originan deberán ser inferiores a las admisibles para el material que constituye el dique.

Atendiendo al diseño de la estructura y a la vista de las condiciones expuestas, la sección más económica para diques de gravedad es la triangular. Esta sección triangular no será posible, dado que el espesor en coronación no soportaría las tensiones a que está sometido. Así se ha optado por las secciones trapezoidales con pendientes en el paramento aguas abajo comprendidas entre 0,50 y 0,70 según solicitaciones, y verticales en el paramento aguas arriba del dique.

Cálculo de parámetros geométricos

Los vertederos elegidos en todos los casos son de lámina libre con sección trapezoidal, y taludes comprendidos entre 1/1 y 1/3 elegidos teniendo en cuenta la forma de las secciones, caudales y volúmenes de obra, que de forma indirecta originan:

Longitud de la cubeta:

Está condicionada normalmente por la anchura del cauce aguas abajo del dique. En nuestro caso, esta limitación no ha existido gracias a que los márgenes son en todos los casos de roca en buen estado, que nos han permitido meter los elevados caudales de cálculo en las secciones sin necesidad de dimensionar cubetas con alturas desproporcionadas, que disminuirían considerablemente la altura útil de los diques.

Altura de la cubeta:

Se ha calculado como los 3/2 del calado crítico, siendo este $h_{crit.} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g L_m^2}}$, donde Q = caudal en $m^3 \text{ seg}^{-1}$, g = aceleración gravitatoria 9,81 en $m.\text{seg}^{-2}$ y L_m = Longitud media de la cubeta (m.).

La altura de cálculo se ha medido en unidades de 0,50 m. tomando siempre la unidad inferior más próxima al valor obtenido. De esta manera se ha minorado dicho valor, en la seguridad de que el nivel de las aguas desciende en el vertedero; cuestión no tenida en cuenta en su cálculo.

Altura del dique:

La altura tomada ha sido siempre la máxima posible dado el caracter y objetivo de las obras, y teniendo en cuenta los efectos que sobre cultivos y obras civiles podían tener los aterramientos que se originen.

Espesor de coronación:

Se ha dado un espesor de coronación capaz de soportar - los esfuerzos provocados por el empuje de las aguas cargadas de sedimentos.

La expresión de calculo utilizada es:

$$e \geq \frac{h \cdot \gamma}{\psi \gamma_s}$$

Donde: h = altura de la cubeta (m.)

γ = Peso específico del agua con sedimentos - (Kg.m⁻³).

γ_s = Peso específico del material (Kg.m⁻³).

ψ = Coeficiente de rozamiento de fábrica sobre fábrica.

Talud del paramento aguas abajo:

La pendiente del paramento aguas abajo, se ha determinado mediante la condición de núcleo central. Esta se calcula para la sección correspondiente a las alas y para la sección central, considerando en su caso el mayor de los dos valores obtenidos.

las expresiones utilizadas son las que siguen a continuación; donde no se ha tenido en cuenta, para nada, el peso adicional de la zapata como fuerza favorable a la estabilidad del dique.

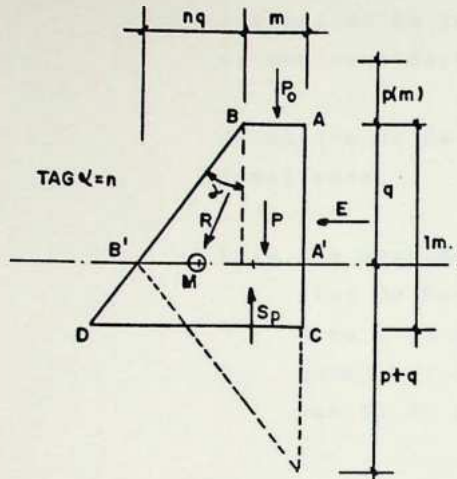
SECCION CENTRAL

Longitudes:

- m = espesor en coronación
- m+qn = espesor en la sección
- q = altura de la sección
- p = Altura de la lámina vertical

Fuerzas:

- P_o = Peso de la lámina vertiente sobre coronación
- P = Peso del cuerpo del dique
- E = Empuje del agua sobre AA'
- S_p = Subpresión a través de A'B'



$$mp \gamma_s \frac{1}{6} (4nq + m) + \frac{nq + 2m}{2} (q \gamma_s) \frac{(nq + m)^2 + m(nq + m) - m^2}{3(nq + 2m)} - \frac{nq + m}{2} (q + p)$$

$$\gamma_o c \frac{1}{3} (nq + m) - q \left(\frac{q}{2} + p \right) \gamma \frac{q (q + 3p)}{3 (q + 2p)} = 0$$

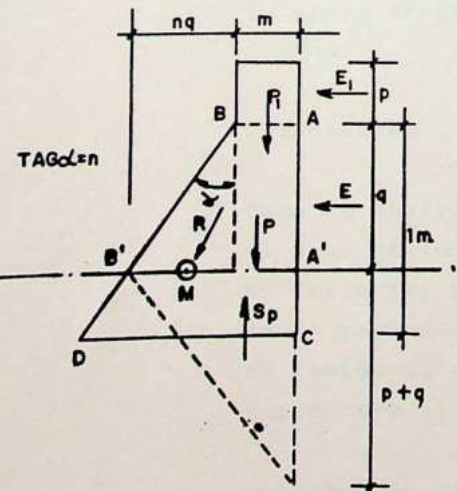
SECCION CORRESPONDIENTE A LAS ALAS

Longitudes:

- p = Altura de las alas

Fuerzas:

- P_1 = Peso de las alas
- E_1 = Empuje del agua sobre las alas
- El resto como en la sección central



$$mp \gamma_s \frac{1}{6} (4nq + m) + \frac{nq + 2m}{2} q \gamma_s \frac{(nq + m)^2 + m(nq + m) - m^2}{3(nq + 2m)} - \frac{nq + m}{2} (q + p)$$

$$\gamma_o c \frac{1}{3} (nq + m) - \frac{1}{2} p^2 \gamma \left(q + \frac{p}{3} \right) - q \left(\frac{q}{2} + p \right) \gamma \frac{q (q + 3p)}{3 (q + 2p)} = 0$$

Como se verá en el cálculo posterior de cada uno de los diques, se ha tomado un $C = 0$, o lo que es lo mismo, no se han considerado subpresiones.

El motivo de no considerar subpresiones se basa en dos -
cuestiones:

- 1ª.- Los asentamientos de los diques están sobre roca ca
liza de buena calidad, presentando lechos en roca -
viva o en su defecto con una pequeña capa de aca--
reos y sedimentos, que serán eliminados con la exca-
vación de los cimientos.
- 2ª.- En el cálculo del dique no se han tenido en cuenta --
para nada los mechinales como elementos del diseño
que minoran considerablemente los empujes del agua
sobre el paramento aguas arriba.

Mechinales

Independientemente del cálculo, se dotará a los diques
de mechinales a razón de uno por cada 8 m^2 . de parament
to aguas arriba, con una pendiente de 3% y diámetro de
0,30 m.

Cimentación.

Como se indicó anteriormente, no se ha tenido en cuenta
el peso de la zapata en el cálculo de las estructuras.
No obstante, y como es lógico se ha dotado a las mismas
de su correspondiente zapata. En su dimensionamiento se
ha tenido en cuenta, por una parte el volumen de la obra,
y por otra el alcance de la lámina vertiente.

Longitud de cimentación $L_c = e + L_o + 1,50$

Siendo e = espesor en coronación (m.).

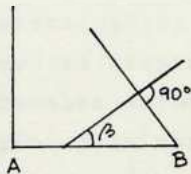
L_o = alcance de la lámina vertiente (m.)

En cuanto al grosor de la zapata, este oscila entre 1,50 y 2,00 metros atendiendo al volumen de la obra.

Con respecto a las tensiones que tendrán que soportar el terreno y los materiales de construcción, su cálculo se realizó como sigue:

1º.- Se considera repartición lineal de tensiones.

2º.- Dado que la resultante de las fuerzas, al no considerar el peso de la zapata, pasará por el extremo - aguas abajo del núcleo central o muy próximo a él, tenemos:



$$\sigma_A \approx 0 \quad \text{Kg/m}^2.$$

$$\sigma_B \approx \frac{2}{B} Fv \quad \text{Kg/m}^2.$$

Consideramos valores aproximados, puesto que los valores obtenidos para la base de los diques se han aproximado en unidades de 0,10 m (más constructiva), originando un desplazamiento de la resultante, siempre del lado de la seguridad, pero de pequeña cuantía.

Entonces:

- tensión media $\bar{\sigma} = \frac{1}{4}(3\sigma_B + \sigma_A)$ que tiene que ser menor que la tensión admisible por el terreno.

- tensión máxima $\sigma_{\text{máx.}} = \sigma_B (1 + \text{tg}^2 \beta)$ que tendrá que ser menor que la admisible por la fábrica (25 a 30 Kg/cm². para mampostería con mortero de cemento).

Con la simplificación en el cálculo de tensiones, al no considerarse la zapata, nos quedamos del lado de la seguridad; ya que la relación incremento de superficie en la base por la inclusión de la zapata con el peso de la zapata, es favorable en cuanto a la repartición superficial de tensiones.

Cálculos hidráulicos:

El cálculo del calado del vertedero, ya queda incluido en el dimensionamiento del dique, por lo que en este apartado nos ocuparemos de los fenómenos que se producen - aguas abajo del mismo y su posible corrección.

La determinación de los números de Froude al pie de los diferentes diques, obliga en pura teoría hidráulica de los canales abiertos a la construcción de disipadores de energía aguas abajo de la fábrica. Sin embargo, el comportamiento de estos disipadores en la hidráulica torrencial, en donde las aguas van cargadas de sedimentos, resulta difícil de prever.

Por ello, y dado que los lechos donde se localizan los emplazamientos de diques, presentan roca viva, y en el peor de los casos, una pequeña capa de acarreos y sedimentos sobre esta roca; se han adoptado dos tipos de soluciones:

- 1.- En aquellas zonas donde el lecho es rocoso, no se realizará ninguna obra complementaria, ya que dada la calidad de la roca, se puede considerar como el mejor disipador de energía.
- 2.- En las zonas donde se presentan lechos con sedimentos y acarreos, se ha adoptado una solución transitoria con el fin de disipar la energía de la lámina vertiente, - consistente en un encachado con piedra y mortero de cemento cuya longitud se ha determinado como suma de la distancia alcanzada por la lámina vertiente más la lon

gitud de disipación L_1 obtenida por la fórmula de Lindquist $L_1 = 5(h_2 - h_1)$ donde h_1 y h_2 son los calados conjugados.

Dado que el valor de L_1 se calcula a partir del extremo aguas abajo de la coronación del dique, y que a partir de este punto se prolongó la zapata 1,50 metros, resulta que la auténtica longitud del encachado vendrá dada por la expresión:

$$L_e = L_1 - 1,5 \text{ expresado en metros.}$$

Torrente	Subcuenca	Dique	V_1	h_1	F_1	L_o	L_1	L_e
Sollerich	1	1	12,34	0,76	4,52	7,94	-	-
Aumedrá	2	1	13,18	0,76	4,83	9,49	-	-
D'es Prat	6	1	13,31	0,54	5,78	7,90	18,05	16,60
Sa Coma	8	1	10,25	0,55	4,41	5,37	13,08	11,60
Campanet	8	2	10,71	0,74	3,90	6,22	-	-
Gabelli	8	3	9,79	0,33	5,44	4,53	10,25	8,75
Ses Cortarades	8	4	10,88	0,36	5,79	5,00	12,06	10,60

Donde:

V_1 = velocidad al pie del dique (m.seg⁻¹).

h_1 = calado del agua al pie del dique (m.).

F_1 = n^2 de Froude al pie del dique.

L_o = alcance de la lámina vertiente al pie del dique (m.).

L_1 = longitud de disipación (m.).

L_e = longitud del encachado (m.).

A continuación se presenta un cuadro resumen del dimensionamiento del cuerpo del dique, cimientos y encachados de cada uno de los diques, así como un gráfico con sus parámetros geométricos cuyo cálculo se adjunta pormenorizado en las hojas que siguen al mismo.

DIQUES PARA LA CORRECCION DE LOS TORRENTES

Dimensiones

SEÑAL PARA LOCALIZACION EMPLAZAMIENTO	DIQUE Nº	SUB. Nº	TORRENTE	CAUDAL DE CALCULO $m^3 S^{-1}$	CUERPO DE LA OBRA (m)						CIMENTACION (m)		ENCACHADO (m)	
					e	B	H	L	h	Tag β	Lc	hc	Le	he
d1	D-1	1	SOLLERICH	103,16	2,00	8,20	9,00	9,50	3,00	1/2	11,50	2,00	--	--
d2	D-1	2	AUMEDRA	140,21	2,50	11,20	13,50	13,00	3,00	1/3	14,00	2,00	--	--
d4	D-1	6	D'ES PRAT	64,69	2,50	9,30	11,50	8,20	2,50	1/3	12,00	2,00	16,60	0,50
d5	D-1	8	SA COMA	56,36	2,00	5,30	6,20	9,00	2,00	1/2	8,90	1,50	11,60	0,50
d6	D-2	8	CAMPANET	110,91	2,00	5,90	6,50	12,80	2,50	1/2	7,70	1,50	--	--
d9	D-3	8	GABELLI	27,46	1,50	5,10	6,10	7,00	1,50	1/1	7,50	1,50	8,80	0,50
d7	D-4	8	SES CORTARADES	27,43	2,00	6,00	7,60	5,50	1,50	1/1	8,00	1,50	10,60	0,50

Datos del cálculo:

Altura útil del dique:	H = 9,00 m
Longitud del vertedero:	L = 9,50 m
Caudal de cálculo:	Q = 103,16 m ³ seg ⁻¹
Peso específico del agua:	$\gamma_c = 1.000 \text{ Kg m}^{-3}$
Peso específico de la suspensión:	$\gamma = 1.200 \text{ Kg m}^{-3}$
Peso específico del material:	$\gamma_s = 2.400 \text{ Kg m}^{-3}$
Coefficiente de subpresión:	C = 0 (no se consideran subpresiones)
Talud del vertedero:	1/2

Cálculo de la altura del vertedero:

$$h_{\text{crítica}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g L_m^2}} = 2,08 \text{ m} \quad \frac{3}{2} h_{\text{crítica}} = 3,12 \text{ m}$$

se tomará h = 3,00 m

(Lm = longitud media del vertedero)

Cálculo del espesor de coronación:

$$e \geq \frac{\gamma h}{\varphi \gamma_s} = 2,00 \text{ m} \quad \text{Se tomará } e = 2,00 \text{ m}$$

Pendiente paramento aguas abajo:

Planteando la condición de núcleo central en la sección central:

$$m p \gamma \frac{1}{6} [4nq + m] + \frac{nq + 2m}{2} [q \gamma_s] \cdot \frac{[nq + m]^2 + m [nq + m] - m^2}{3[nq + 2m]} - \frac{nq + m}{2} [q + p] \gamma_c \cdot c \frac{1}{3} (nq + m) - q \left[\frac{q}{2} + p \right] \gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene n = 0,65

en la sección correspondiente a las alas

$$mp \gamma_s \frac{1}{6} (4nq + m) + \frac{nq + 2m}{2} q \gamma_s \frac{(nq + m)^2 + m(nq + m) - m^2}{3(nq + 2m)} -$$

$$- \frac{nq + m}{2} (q + p) \gamma_o \cdot c \frac{1}{3} (nq + m) - \frac{1}{2} P^2 \gamma (q + \frac{p}{3}) - q [\frac{q}{2} + p]$$

$$\gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene $n = 0,68$

Tomamos el n mayor

- Cálculo del espesor en la base

$$B = n H + e = 8,12 \text{ m} ;$$

$$\text{Tomamos } B = 8,20 \text{ m}$$

- Condición de no deslizamiento

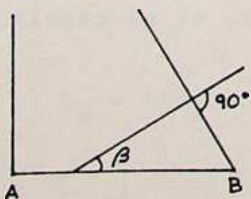
$$\text{en la sección central } \frac{E}{P + P_o} = 0,69 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

en la sección correspondiente a las alas

$$\frac{E + E_1}{P + P_1} = 0,70 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

Con estos valores se cumple la condición de no deslizamiento.

- Cimentación



$$\nabla_{\Delta} \approx 0 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$\nabla_B \approx \frac{2 \leq F_V}{B} = 30456,09 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$\text{Tensión media } \bar{T} = \frac{1}{4} [3 T_B + T_{\Delta}] = 22842,07 \text{ Kg m}^{-2}$$

< T. admisible por el terreno

$$\text{Tensión máxima } T \text{ máx.} = T_B |1 + \text{tg}^2 \beta| = 44585,88 \text{ Kg m}^{-2}$$

< T admisible para la mampostería con mortero de cemento

luego los esfuerzos a que están solicitados, tanto el terreno como el material, son soportados perfectamente por los mismos.

- Alcance de la lámina vertiente.

$$L_o = \sqrt{2 H h_o + h_o^2} = 7,94 \text{ m}$$

- Cálculo del calado del agua al pie del dique.

Aplicando el teorema de la conservación de la energía:

$$h_1^3 - [H + h_o + \frac{v_o^2}{2g}] h_1^2 + \frac{q^2}{2g \varphi^2} = 0 \quad h_1 = 0,76 \text{ m}$$

φ = coeficiente correspondiente a la pérdida de energía entre umbral del vertedero y pie de dique.

- Cálculo del calado conjugado de h_1 .

$$h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{4} + \frac{2 q^2}{g h_1}} = 450 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud de enchachado

$$L_e = 5(h_2 - h_1) - 1,5 = \text{No se considera necesario}$$

Datos del cálculo:

Altura útil del dique:	H = 13,50 m
Longitud del vertedero:	L = 13 m
Caudal de cálculo:	Q = 140,21 m ³ seg ⁻¹
Peso específico del agua:	$\gamma_o = 1.000 \text{ Kg m}^{-3}$
Peso específico de la suspensión:	$\gamma = 1.200 \text{ Kg m}^{-3}$
Peso específico del material:	$\gamma_s = 2.400 \text{ Kg m}^{-3}$
Coefficiente de subpresión:	C = 0 (no se consideran subpresiones)
Talud del vertedero:	1/3

Cálculo de la altura del vertedero:

$$h_{\text{crítica}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g L_m^2}} = 2,17 \text{ m} \quad \frac{3}{2} h_{\text{crítica}} = 3,25 \text{ m}$$

se tomará h = 3,00 m

(Lm = longitud media del vertedero)

Cálculo del espesor de coronación:

$$e \geq \frac{\gamma h}{\varphi \gamma_s} = 2,00 \text{ m} \quad \text{Se tomará } e = 2,50 \text{ m}$$

Pendiente paramento aguas abajo:

Planteando la condición de núcleo central en la sección central:

$$mp \gamma \frac{1}{6} [4nq + m] + \frac{nq + 2m}{2} [q \gamma_s] \cdot \frac{[nq + m]^2 + m [nq + m] - m^2}{3[nq + 2m]} - \frac{nq + m}{2} [q + p] \gamma_o \cdot c \frac{1}{3} (nq + m) - q \left[\frac{q}{2} + p \right] \gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene n = 0,63

en la sección correspondiente a las alas

$$mp \gamma_s \frac{1}{6} (4nq + m) + \frac{nq + 2m}{2} q \gamma_s \frac{(nq + m)^2 + m(nq + m) - m^2}{3(nq + 2m)} -$$

$$- \frac{nq + m}{2} (q + p) \gamma_o \cdot c \frac{1}{3} (nq + m) - \frac{1}{2} p^2 \gamma (q + \frac{p}{3}) - q [\frac{q}{2} + p]$$

$$\gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene $n = 0,64$

Tomamos el n mayor

- Cálculo del espesor en la base

$$B = n H + e = 11,14 \text{ m};$$

$$\text{Tomamos } B = 11,20 \text{ m}$$

- Condición de no deslizamiento

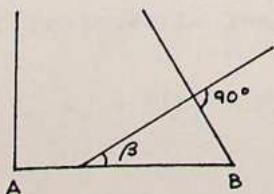
$$\text{en la sección central } \frac{E}{P + P_o} = 0,69 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

en la sección correspondiente a las alas

$$\frac{E + E_1}{P + P_1} = 0,68 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

Con estos valores se cumple la condición de no deslizamiento.

- Cimentación



$$F_{\Delta} \approx 0 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$F_B \approx \frac{2 F_v}{B} = 4927,21 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$\text{Tensión media } \bar{V} = \frac{1}{4} [3 V_B + V_{\Delta}] = 31445,41 \text{ Kg m}^{-2}$$

T. admisible por el terreno

$$\text{Tensión máxima } V \text{ máx.} = V_B |1 + \text{tg}^2 \beta| = 59100,60 \text{ Kg m}^{-2}$$

< V admisible para la mampostería con mortero de cemento

luego los esfuerzos a que están solicitados, tanto el terreno como el material, son soportados perfectamente por los mismos.

- Alcance de la lámina vertiente

$$L_o = \sqrt{2 H h_o + h_o^2} = 9,49 \text{ m}$$

- Cálculo del calado del agua al pie del dique.

Aplicando el teorema de la conservación de la energía:

$$h_1^3 - \left[H + h_o + \frac{V_o^2}{2g} \right] h_1^2 + \frac{q^2}{2g \varphi^2} = 0 \quad h_1 = 0,76 \text{ m}$$

φ = coeficiente correspondiente a la pérdida de energía entre umbral del vertedero y pie de dique.

- Cálculo del calado conjugado de h_1 .

$$h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{4} + \frac{2 q^2}{g h_1}} = 4,83 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud de enchado

$$L_e = 5(h_2 - h_1) - 1,5 = \text{No se considera necesario}$$

Datos del cálculo:

Altura útil del dique:	H = 11,50 m
Longitud del vertedero:	L = 8,20 m
Caudal de cálculo:	Q = 64,69 m ³ seg ⁻¹
Peso específico del agua:	$\gamma_o = 1.000 \text{ Kg m}^{-3}$
Peso específico de la suspensión:	$\gamma = 1.200 \text{ Kg m}^{-3}$
Peso específico del material:	$\gamma_s = 2.400 \text{ Kg m}^{-3}$
Coefficiente de subpresión:	C = 0 (no se consideran subpresiones)
Talud del vertedero:	1/3

Cálculo de la altura del vertedero:

$$h_{\text{crítica}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g L_m^2}} = 1,74 \text{ m} \quad \frac{3}{2} h_{\text{crítica}} = 2,61 \text{ m}$$

se tomará h = 2,50 m

(Lm = longitud media del vertedero)

Cálculo del espesor de coronación:

$$e \geq \frac{\gamma h}{\varphi \gamma_s} = 1,66 \quad \text{Se tomará } e = 2,50 \text{ m}$$

Pendiente paramento aguas abajo:

Planteando la condición de núcleo central en la sección central:

$$m p \gamma \frac{1}{6} [4nq + m] + \frac{nq + 2m}{2} [q \gamma_s] \cdot \frac{[nq + m]^2 + m [nq + m] - m^2}{3[nq + 2m]} -$$

$$- \frac{nq + m}{2} [q + p] \gamma_o \cdot c \frac{1}{3} (nq + m) - q \left[\frac{q}{2} + p \right] \gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene n = 0,58

en la sección correspondiente a las alas

$$mp \gamma_s \frac{1}{6} (4nq + m) + \frac{nq + 2m}{2} q \gamma_s \frac{(nq + m)^2 + m(nq + m) - m^2}{3(nq + 2m)} -$$

$$- \frac{nq + m}{2} (q + p) \gamma_o \cdot c \frac{1}{3} (nq + m) - \frac{1}{2} p^2 \gamma (q + \frac{p}{3}) - q [\frac{q}{2} + p]$$

$$\gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene $n = 0,59$

Tomamos el n mayor

- Cálculo del espesor en la base

$$B = n H + e = 9,28 \text{ m} ;$$

$$\text{Tomamos } B = 9,30 \text{ m}$$

- Condición de no deslizamiento

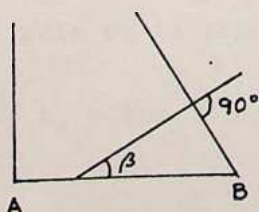
$$\text{en la sección central } \frac{E}{P + P_o} = 0,67 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

en la sección correspondiente a las alas

$$\frac{E + E_1}{P + P_1} = 0,66 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

Con estos valores se cumple la condición de no deslizamiento.

- Cimentación



$$V_{\Delta} \approx 0 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$V_B \approx \frac{2 \leq F_v}{B} = 38262,36 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$\text{Tensión media } \bar{\tau} = \frac{1}{4} [3 \tau_B + \tau_{\Delta}] = 28696,77 \text{ Kg m}^{-2}$$

T. admisible por el terreno

$$\text{Tensión máxima } \tau \text{ máx.} = \tau_B |1 + \text{tg}^2 \beta| = 51.581,49 \text{ Km}^{-2}$$

$< \tau$ admisible para la mampostería con mortero de cemento

luego los esfuerzos a que están solicitados, tanto el terreno como el material, son soportados perfectamente por los mismos.

- Alcance de la lámina vertiente.

$$L_o = \sqrt{2 H h_o + h_o^2} = 7,98 \text{ m}$$

- Cálculo del calado del agua al pie del dique.

Aplicando el teorema de la conservación de la energía:

$$h_1^3 - \left[H + h_o + \frac{V_o^2}{2g} \right] h_1^2 + \frac{q^2}{2g \varphi^2} = 0 \quad h_1 = 0,54 \text{ m}$$

φ = coeficiente correspondiente a la pérdida de energía entre umbral del vertedero y pie de dique.

- Cálculo del calado conjugado de h_1 .

$$h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{4} + \frac{2 q^2}{g h_1}} = 4,15 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud de encachado

$$L_e = 5(h_2 - h_1) - 1,5 = 16,55 \text{ m} ; \text{ tomamos } L_e = 16,60 \text{ m}$$

Datos del cálculo:

Altura útil del dique:	H = 6,20 m
Longitud del vertedero:	L = 9,00 m
Caudal de cálculo:	Q = 56,36 m ³ seg ⁻¹
Peso específico del agua:	$\gamma_o = 1.000$ Kg m ⁻³
Peso específico de la suspensión:	$\gamma = 1.200$ Kg m ⁻³
Peso específico del material:	$\gamma_s = 2.400$ Kg m ⁻³
Coefficiente de subpresión:	C = 0 (no se consideran subpresiones)
Talud del vertedero:	1/2

Cálculo de la altura del vertedero:

$$h_{\text{crítica}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g L_m^2}} = 1,48 \text{ m} \quad \frac{3}{2} h_{\text{crítica}} = 2,22 \text{ ,}$$

se tomará h = 2,00 m

(Lm = longitud media del vertedero)

Cálculo del espesor de coronación:

$$e \geq \frac{\gamma h}{\varphi \gamma_s} = 1,33 \text{ m} \quad \text{Se tomará } e = 2,00 \text{ m}$$

Pendiente paramento aguas abajo:

Planteando la condición de núcleo central en la sección central:

$$m p \gamma \frac{1}{6} [4nq + m] + \frac{nq + 2m}{2} [q \gamma_s] \cdot \frac{[nq + m]^2 + m [nq + m] - m^2}{3[nq + 2m]} -$$

$$- \frac{nq + m}{2} [q + p] \gamma_o \cdot c \frac{1}{3} (nq + m) - q \left[\frac{q}{2} + p \right] \gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene n = 0,51

en la sección correspondiente a las alas

$$mp \gamma_s \frac{1}{6} (4nq + m) + \frac{nq + 2m}{2} q \gamma_s \frac{(nq + m)^2 + m(nq + m) - m^2}{3(nq + 2m)} -$$

$$- \frac{nq + m}{2} (q + p) \gamma_o \cdot c \frac{1}{3} (nq + m) - \frac{1}{2} P^2 \gamma (q + \frac{P}{3}) - q [\frac{q}{2} + p]$$

$$\gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene $n = 0,53$

Tomamos el n mayor

- Cálculo del espesor en la base

$$B = n H + e = 5,29 \text{ m} ;$$

$$\text{Tomamos } B = 5,30 \text{ m}$$

- Condición de no deslizamiento

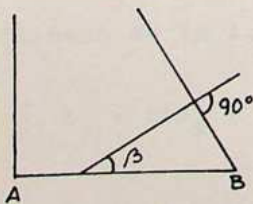
$$\text{en la sección central } \frac{E}{P + P_o} = 0,64 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

en la sección correspondiente a las alas

$$\frac{E + E_1}{P + P_1} = 0,63 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

Con estos valores se cumple la condición de no deslizamiento.

- Cimentación



$$v_{\Delta} \approx 0 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$v_B \approx \frac{2 \leq F_v}{B} = 24078,43 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$\text{Tensión media } \bar{\tau} = \frac{1}{4} [3 \tau_B + \tau_{\Delta}] = 18058,82 \text{ Kg m}^{-2}$$

T. admisible por el terreno

$$\text{Tensión máxima } \tau \text{ máx.} = \tau_B |1 + \text{tg}^2 \beta| = 30842,06 \text{ Kg m}^{-2}$$

τ admisible para la mampostería con mortero de cemento

luego los esfuerzos a que están solicitados, tanto el terreno como el material, son soportados perfectamente por los mismos.

- Alcance de la lámina vertiente.

$$L_o = \sqrt{2 H h_o + h_o^2} = 5,37 \text{ m}$$

- Cálculo del calado del agua al pie del dique.

Aplicando el teorema de la conservación de la energía:

$$h_1^3 - \left[H + h_o + \frac{V_o^2}{2g} \right] h_1^2 + \frac{q^2}{2g \varphi^2} = 0 \quad h_1 = 0,55 \text{ m}$$

φ = coeficiente correspondiente a la pérdida de energía entre umbral del vertedero y pie de dique.

- Cálculo del calado conjugado de h_1 .

$$h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{4} + \frac{2 q^2}{g h_1}} = 3,17 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud de enchachado

$$L_e = 5(h_2 - h_1) - 1,5 = 11,58 \text{ m} ; \text{ tomamos } L_e = 11,60 \text{ m}$$

Datos del cálculo:

Altura útil del dique:	H = 6,50 m
Longitud del vertedero:	L = 12,80 m
Caudal de cálculo:	Q = 110,91 m ³ seg ⁻¹
Peso específico del agua:	$\gamma_o = 1.000$ Kg m ⁻³
Peso específico de la suspensión:	$\gamma = 1.200$ Kg m ⁻³
Peso específico del material:	$\gamma_s = 2.400$ Kg m ⁻³
Coefficiente de subpresión:	C = 0 (no se consideran subpresiones)
Talud del vertedero:	1/2

Cálculo de la altura del vertedero:

$$h_{\text{crítica}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g L_m^2}} = 1,86 \quad \frac{3}{2} h_{\text{crítica}} = 2,78 \text{ m}$$

se tomará h = 2,50 m

(Lm = longitud media del vertedero)

Cálculo del espesor de coronación:

$$e \geq \frac{\gamma h}{\gamma \gamma_s} = 1,66 \text{ m} \quad \text{Se tomará } e = 2 \text{ m}$$

Pendiente paramento aguas abajo:

Planteando la condición de núcleo central en la sección central:

$$mp \gamma \frac{1}{6} [4nq + m] + \frac{nq + 2m}{2} [q \gamma_s] \cdot \frac{[nq + m]^2 + m [nq + m] - m^2}{3[nq + 2m]} - \frac{nq + m}{2} [q + p] \gamma_o \cdot c \frac{1}{3} (nq + m) - q \left[\frac{q}{2} + p \right] \gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene n = 0,56

en la sección correspondiente a las alas

$$mp \gamma_s \frac{1}{6} (4nq + m) + \frac{nq + 2m}{2} q \gamma_s \frac{(nq + m)^2 + m(nq + m) - m^2}{3(nq + 2m)} -$$

$$- \frac{nq + m}{2} (q + p) \gamma_o \cdot c \frac{1}{3} (nq + m) - \frac{1}{2} P^2 \gamma (q + \frac{P}{3}) - q [\frac{q}{2} + p]$$

$$\gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene $n = 0,60$

Tomamos el n mayor

- Cálculo del espesor en la base

$$B = n H + e = 5,90 \text{ m} ;$$

Tomamos $B =$

- Condición de no deslizamiento

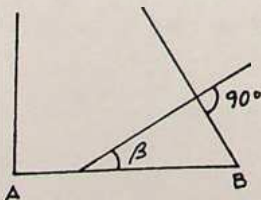
$$\text{en la sección central } \frac{E}{P + P_o} = 0,66 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

en la sección correspondiente a las alas

$$\frac{E + E_1}{P + P_1} = 0,66 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

Con estos valores se cumple la condición de no deslizamiento.

- Cimentación



$$V_A \approx 0 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$V_B \approx \frac{2 \leq F_v}{B} = 24955,93 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$\text{Tensión media } \bar{V} = \frac{1}{4} [3 \tau_B + \tau_{\Delta}] = 17078,51 \text{ Kg m}^{-2}$$

T. admisible por el terreno

$$\text{Tensión máxima } V \text{ máx.} = \tau_B |1 + \text{tg}^2 \beta| = 33940,07 \text{ Kg m}^{-2}$$

$< V$ admisible para la mampostería con mortero de cemento

luego los esfuerzos a que están solicitados, tanto el terreno como el material, son soportados perfectamente por los mismos.

- Alcance de la lámina vertiente.

$$L_o = \sqrt{2 H h_o + h_o^2} = 6,22 \text{ m}$$

- Cálculo del calado del agua al pie del dique.

Aplicando el teorema de la conservación de la energía:

$$h_1^3 - [H + h_o + \frac{V_o^2}{2g}] h_1^2 + \frac{q^2}{2g \varphi^2} = 0 \quad h_1 = 0,74$$

φ = coeficiente correspondiente a la pérdida de energía entre umbral del vertedero y pie de dique.

- Cálculo del calado conjugado de h_1 .

$$h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{4} + \frac{2 q^2}{g h_1}} =$$

- Cálculo de la longitud de enchado

$$L_e = 5(h_2 - h_1) - 1,5 = \text{No se considera necesario.}$$

Datos del cálculo:

Altura útil del dique:	H = 6,10 m
Longitud del vertedero:	L = 7,00 m
Caudal de cálculo:	Q = 27,46 m ³ seg ⁻¹
Peso específico del agua:	$\gamma_o = 1.000$ Kg m ⁻³
Peso específico de la suspensión:	$\gamma = 1.200$ Kg m ⁻³
Peso específico del material:	$\gamma_s = 2.400$ Kg m ⁻³
Coefficiente de subpresión:	C = 0 (no se consideran subpresiones)
Talud del vertedero:	1/1

Cálculo de la altura del vertedero:

$$h_{\text{crítica}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g L_m^2}} = 1,02 \text{ m} \quad \frac{3}{2} h_{\text{crítica}} = 1,53$$

se tomará h = 1,50 m

(Lm = longitud media del vertedero)

Cálculo del espesor de coronación:

$$e \geq \frac{\gamma h}{\varphi \gamma_s} = 1,00 \text{ m} \quad \text{Se tomará } e = 1,50 \text{ m}$$

Pendiente paramento aguas abajo:

Planteando la condición de núcleo central en la sección central:

$$m_p \gamma \frac{1}{6} [4nq + m] + \frac{nq + 2m}{2} [q \gamma_s] \cdot \frac{[nq + m]^2 + m [nq + m] - m^2}{3[nq + 2m]} -$$

$$- \frac{nq + m}{2} [q + p] \gamma_o \cdot c \frac{1}{3} (nq + m) - q \left[\frac{q}{2} + p \right] \gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene n = 0,56

en la sección correspondiente a las alas

$$mp \gamma_s \frac{1}{6} (4nq + m) + \frac{nq + 2m}{2} q \gamma_s \frac{(nq + m)^2 + m(nq + m) - m^2}{3(nq + 2m)}$$

$$- \frac{nq + m}{2} (q + p) \gamma_o \cdot c \frac{1}{3} (nq + m) - \frac{1}{2} p^2 \gamma (q + \frac{p}{3}) - q [\frac{q}{2} + p]$$

$$\gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene $n = 0,58$

Tomamos el n mayor

- Cálculo del espesor en la base

$$B = n H + e = 5,04 \text{ m} ;$$

$$\text{Tomamos } B = 5,10 \text{ m}$$

- Condición de no deslizamiento

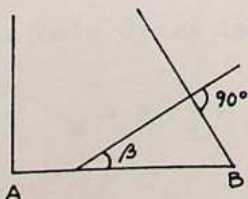
$$\text{en la sección central } \frac{E}{P + P_o} = 0,66 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

en la sección correspondiente a las alas

$$\frac{E + E_1}{P + P_1} = 0,65 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

Con estos valores se cumple la condición de no deslizamiento.

- Cimentación



$$V_{\Delta} \approx 0 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$V_B \approx \frac{2 \leq F_v}{B} = 21176,21 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$\text{Tensión media } \bar{\tau} = \frac{1}{4} [3 \tau_B + \tau_{\Delta}] = 15822,15 \text{ Kg m}^{-2}$$

T. admisible por el terreno

$$\text{Tensión máxima } \tau \text{ máx.} = \tau_B |1 + \text{tg}^2 \beta| = 28299,88 \text{ Kg m}^{-2}$$

< τ admisible para la mampostería con mortero de cemento

luego los esfuerzos a que están solicitados, tanto el terreno como el material, son soportados perfectamente por los mismos.

- Alcance de la lámina vertiente.

$$L_o = \sqrt{2 H h_o + h_o^2} = 4,53 \text{ m}$$

- Cálculo del calado del agua al pie del dique.

Aplicando el teorema de la conservación de la energía:

$$h_1^3 - \left[H + h_o + \frac{v_o^2}{2g} \right] h_1^2 + \frac{q^2}{2g \phi^2} = 0 \quad h_1 = 0,33 \text{ m}$$

ϕ = coeficiente correspondiente a la pérdida de energía entre umbral del vertedero y pie de dique.

- Cálculo del calado conjugado de h_1 .

$$h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{4} + \frac{2 q^2}{g h_1}} = 2,38 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud de encachado

$$L_e = 5(h_2 - h_1) - 1,5 = 8,75 \text{ m} ; \text{ Tomamos } L_e = 8,80 \text{ m}$$

Datos del cálculo:

Altura útil del dique:	H = 7,60 m
Longitud del vertedero:	L = 5,50 m
Caudal de cálculo:	Q = 27,43 m ³ seg ⁻¹
Peso específico del agua:	$\gamma_o = 1.000$ Kg m ⁻³
Peso específico de la suspensión:	$\gamma = 1.200$ Kg m ⁻³
Peso específico del material:	$\gamma_s = 2.400$ Kg m ⁻³
Coefficiente de subpresión:	C = 0 (no se consideran subpresiones)
Talud del vertedero:	1/1

Cálculo de la altura del vertedero:

$$h_{\text{crítica}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g L_m^2}} = 1,16 \text{ m} \quad \frac{3}{2} h_{\text{crítica}} = 1,74 \text{ m}$$

se tomará h = 1,50 m

(Lm = longitud media del vertedero)

Cálculo del espesor de coronación:

$$e \geq \frac{\gamma h}{\gamma \gamma_s} = 1,00 \text{ m} \quad \text{Se tomará } e = 2,00 \text{ m}$$

Pendiente paramento aguas abajo:

Planteando la condición de núcleo central en la sección central:

$$m p \gamma \frac{1}{6} [4nq + m] + \frac{nq + 2m}{2} [q \gamma_s] \cdot \frac{[nq + m]^2 + m [nq + m] - m^2}{3[nq + 2m]} - \frac{nq + m}{2} [q + p] \gamma_o \cdot c \frac{1}{3} \cdot (nq + m) - q \left[\frac{q}{2} + p \right] \gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene n = 0,51

en la sección correspondiente a las alas

$$mp \gamma_s \frac{1}{6} (4nq + m) + \frac{nq + 2m}{2} q \gamma_s \frac{(nq + m)^2 + m(nq + m) - m^2}{3(nq + 2m)}$$

$$- \frac{nq + m}{2} (q + p) \gamma_o \cdot c \frac{1}{3} (nq + m) - \frac{1}{2} P^2 \gamma (q + \frac{P}{3}) - q [\frac{q}{2} + p]$$

$$\gamma \frac{q [q + 3p]}{3 [q + 2p]} = 0$$

se obtiene $n = 0,52$

Tomamos el n mayor

- Cálculo del espesor en la base

$$B = n H + e = 5,95 \text{ m} ;$$

$$\text{Tomamos } B = 6,00 \text{ m}$$

- Condición de no deslizamiento

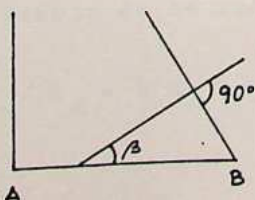
$$\text{en la sección central } \frac{E}{P + P_o} = 0,63 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

en la sección correspondiente a las alas

$$\frac{E + E_1}{P + P_1} = 0,62 < \text{coeficiente de rozamiento}$$

Con estos valores se cumple la condición de no deslizamiento.

- Cimentación



$$V_{\Delta} \approx 0 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$V_B \approx \frac{2 \leq F_V}{B} = 26574,07 \text{ Kg m}^{-2}$$

$$\text{Tensión media } \bar{\tau} = \frac{1}{4} [3 \tau_B + \tau_{\Delta}] = 19930,55 \text{ Kg m}^{-2}$$

T. admisible por el terreno

$$\text{Tensión máxima } \tau \text{ máx.} = \tau_B |1 + \text{tg}^2 \beta| = 33759,70 \text{ Gk m}^{-2}$$

$< \tau$ admisible para la mampostería con mortero de cemento

luego los esfuerzos a que están solicitados, tanto el terreno como el material, son soportados perfectamente por los mismos.

- Alcance de la lámina vertiente.

$$L_o = \sqrt{2 H h_o + h_o^2} = 5,00 \text{ m}$$

- Cálculo del calado del agua al pie del dique.

Aplicando el teorema de la conservación de la energía:

$$h_1^3 - [H + h_o + \frac{V_o^2}{2g}] h_1^2 + \frac{q^2}{2g \varphi^2} = 0 \quad h_1 = 0,36 \text{ m}$$

φ = coeficiente correspondiente a la pérdida de energía entre umbral del vertedero y pie de dique.

- Cálculo del calado conjugado de h_1 .

$$h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{4} + \frac{2 q^2}{g h_1}} = 2,77 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud de encachado

$$L_e = 5(h_2 - h_1) - 1,5 = 10,56 \text{ m} ; \text{ tomamos } L_e = 10,60 \text{ m.}$$

CONSTRUCCION DE ALBARRADAS

Como complemento a la corrección hidrológica que supone la construcción en los torrentes principales de los diques anteriormente citados, y como se indicó en el apartado correspondiente; se proyecta la ejecución de pequeñas obras en la red de drenaje secundaria y zonas altas de los torrentes principales, con el objeto de frenar los procesos de erosión y consolidar los cauces.

La distribución de este tipo de obras en las diferentes subcuencas será la siguiente:

<u>Subcuenca torrente</u>	<u>Longitud (Km.)</u>
Sollerich -----	3,00
Aumedrá -----	3,40
Biniatsent -----	0,60
Massanella y Prat -----	5,90
Horts y Sa Coveta Negra -----	4,15
Sa Coma -----	1,30
Picarol -----	4,50
Camp -----	3,20
Masana -----	2,30

L : Longitud de la red de drenaje secundaria a corregir con posible actuación (Km.).

Albarradas de mampostería gavionada

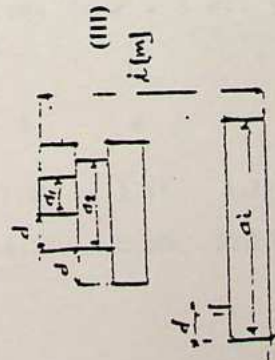
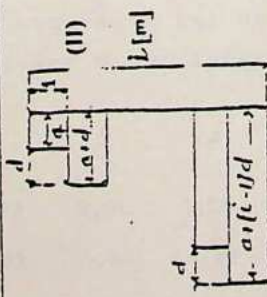
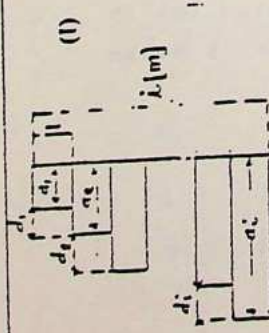
De acuerdo con las mediciones de secciones transversales en los cauces donde se proyecta ubicarlas, se ha considerado como óptima una albarrada tipo de 2 metros de altura, adoptándose las siguientes condiciones para su diseño:

El dique de mampostería gavionada se calcula imponiendo - las condiciones de no deslizamiento y que no se produzcan tensiones de tracción en el cuerpo de la obra. Para ello es suficiente con imponer ambas condiciones en cada junta horizontal.

El perfil de menor volumen de obra en estructuras de gravedad es el triangular con parámetro aguas arriba vertical. En este tipo de fábrica es de señalar una razón más que - lo justifica, y es que en el dique de parámetros aguas -- arriba inclinado, el empuje vertical que ejerce el agua - sobre dicho parámetro, debido a la existencia de huecos, es menor.

En los tres perfiles considerados, el cálculo se realiza en el supuesto de que el parámetro de aguas arriba está - sometido al empuje de las aguas con suspensiones de peso específico γ (t.m³), cuando éstas alcanzan el umbral del vertedero. Esta hipótesis de carga simplificada es admisi- ble para esta clase de diques de poca altura, construidos en cauces de elevada torrencialidad, cuyo aterramiento se completa en períodos cortos de tiempo, por lo cual las al- turas de descarga de los cauces previsibles en el período sobre el umbral del vertedero, tiene relativa importancia y puede omitirse en el cálculo, sobre todo teniendo en -- cuenta que la necesidad de ajustarse a las dimensiones co- merciales de los gaviones, obliga a sobredimensionar la - estructura.

Perfil



no deslizamiento

$\varphi \cdot \gamma_g (n_1 + \dots + n_i) > \frac{1}{2} \gamma \cdot l^3$ de donde:

$$n_1 > \frac{\gamma l^3}{2 \varphi \cdot \gamma_g} - (n_1 + \dots + n_{i-1})$$

$\varphi \cdot \gamma_g [n + (n+d) + \dots + (n+(i-1)d)] > \frac{\gamma l^3}{2}$

de donde:

$$d > \frac{2}{i-1} \left[\frac{\gamma}{2 \varphi \gamma_g} - n \right]$$

$\varphi \cdot \gamma_g (n_1 + \dots + n_i) > \frac{\gamma}{2} l^3$ de donde:

$$n_1 > \frac{l^3 \gamma}{2 \varphi \gamma_g} - [n_1 + \dots + n_{i-1}]$$

Condiciones

núcleo central

$\gamma_g \left[n_1 \left(\frac{2}{3} n_1 - \frac{n_1}{2} \right) + n_1 \left(n_1 \left(\frac{2}{3} n_1 - \frac{n_1}{2} \right) \right) \right] = \frac{1}{6} l^3 \gamma$ de donde:

$$n_1 > \sqrt{2 [n_1 + \dots + n_{i-1}] + \sqrt{4 [n_1 + \dots + n_{i-1}]^2 + 3 [n_1 \dots + n_{i-1}]^2}} + \frac{\gamma l^3}{\gamma_g}$$

$\gamma_g \left[n \left(\frac{2}{3} (n + (i-1)d) - \frac{n}{2} \right) + \dots + (n + (i-1)d) \left(\frac{2}{3} (n + (i-1)d) - \frac{\gamma l^3}{\gamma_g} \right) \right] = \frac{\gamma l^3}{3}$

de donde:

$$d > \frac{1}{2i-3} \left[3n + \sqrt{9n^2 - 2 \left[\frac{2i-3}{1-1} \right] \left[n^2 - \frac{\gamma l^3}{\gamma_g} \right]} \right]$$

$\gamma_g [n_1 (i-1)d + \frac{n_1}{2} - \frac{n_1}{3}] + \dots + n_i [d + \frac{n_i}{2} - \frac{n_i}{3}] = \frac{\gamma}{6} l^3$ de donde:

$$\sum_{i=1}^n n_i \left[(i-1)d + \frac{n_i}{2} - \frac{n_i}{3} \right] = \frac{1}{6} \frac{\gamma l^3}{\gamma_g}$$

Aplicación al tipo de perfil II (perfil escalonado regular).

. Condición de no deslizamiento.

$$d \geq \frac{2}{i-1} \left[\frac{i \gamma}{2 \varphi \cdot \gamma_g} - a \right]$$

. Condiciones de ausencia de tracciones.

$$d \geq \frac{i}{2i-3} \left(-3a + \sqrt{9a^2 - 2[(2i-3)(i-1)](a^2 - i^2 \frac{\gamma}{\gamma_s})} \right)$$

Para cada altura de dique "i", el mayor valor de d que se obtenga será el que se utilice para el diseño de la estructura.

El valor de a viene dado igualmente por las condiciones:

$$a \geq \frac{\gamma}{2 \cdot \gamma_g \cdot \varphi} \quad \text{condición de no deslizamiento}$$

$$a \geq \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma_g}} \quad \text{condición de núcleo central (ausencia de tracciones).}$$

Estas condiciones se cumplen ampliamente con los valores habituales de γ y γ_g con $a = 1$ m., ancho del gavión comercial.

Para $\gamma = 1,2 \text{ t.m}^{-3}$, $\gamma_g = 1,55 \text{ t.m}^{-3}$, $\varphi = 0,6$ y $a = 1$ m. se establecen los siguientes valores de ancho del escalón d (m) para alturas H (m) de dique de 2 a 8 m., y los volúmenes V (m^3) por m. de longitud.

H	2	3	4	5	6	7	8
d	0,63	0,94	1,05	1,11	1,15	1,17	1,19
V	2,63	5,82	10,30	16,10	23,25	31,57	41,32

Pero la necesidad de adaptar las dimensiones teóricas obtenidas a las de los tipos comerciales de gavión, con intervalos de 0,50 m., obliga al siguiente diseño de los escalones y volúmenes consiguientes:

H	2	3	4	5	6	7	8
d	1,0	1,0	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
V	3,00	6,00	13,00	20,00	28,50	38,50	50,00

Lo que significa un incremento de volumen del 3 al 26% - según la mayor o menor adaptación del gavión comercial - al necesario teóricamente.

Como puede observarse, se obtienen con el tipo de dique anterior, de ancho de coronación fijo (1 m.), unas anchuras de escalón a nivel práctico de 1 m. a 1,50 m. Estas anchuras dan lugar a que los caudales de descarga del vertedero de cierta magnitud, que vienen cargados con arrastres gruesos, incidan en su caída sobre los escalones inferiores del parámetro de aguas abajo, lo que suele producir daños en las estructuras, aún cuando se proteja la huella del escalón con un enlucido de mortero de cemento. Para evitar este efecto, cuando sea previsible por las características del torrente, conviene utilizar otro tipo de diseño, en que la anchura del escalón se fija en 0,50 m. (intervalo mínimo del gavión comercial), y el ancho de coronación a (m) se dimensione para cada altura de dique de acuerdo con las exigencias de estabilidad.

Con esta hipótesis de diseño, a debe cumplir las siguientes condiciones:

. Condición de no deslizamiento:

$$a \geq \frac{\sigma_i}{2 \rho \cdot \gamma_s} - \frac{i-1}{4}$$

. Condición de ausencia de tracciones:

$$a \geq \frac{-3(i-1) + \sqrt{i^2(5 + 16\gamma/\gamma_s) - 8i + 3}}{4}$$

Con los mismos valores de los parámetros considerados anteriormente, se obtienen los siguientes valores del ancho de coronación a (m) para las alturas H (m) de dique de 2 a 8 m. y los volúmenes V (m³) por m. de longitud.

H	2	3	4	5	6	7	8
a	1,13	1,44	1,83	2,23	2,62	3,02	3,41
V	2,76	5,82	10,32	16,15	23,22	31,64	41,28

Como puede verse, este diseño da lugar a volúmenes de obra análogos al ya considerado, con la ventaja de aminorar el efecto de golpeteo del agua sobre el paramento de aguas abajo, lo cual lo hace preferible.

La adaptación de estos resultados a las dimensiones comerciales de gaviones dan lugar al siguiente diseño práctico:

H	2	3	4	5	6	7	8
a	1,50	1,50	2,00	2,50	3,00	3,00	3,50
V	3,75	6,00	11,00	17,50	25,50	31,50	42,00

Como puede verse, los volúmenes obtenidos en la práctica con este tipo son análogos, e incluso inferiores, a los del otro modelo, salvo en el caso, poco frecuente, de diques de 2 m. de altura.

Para el dimensionado de las aletas que definen lateralmente la cubeta del vertedero del dique, pueden utilizarse, según la altura h de que se dote al mismo, las siguientes dimensiones, con los valores habituales ya utilizados de γ , γ_s y φ .

h	1	1,50	2,0
Ancho hilada superior	1,0	1,0	1,0
Ancho hilada inferior	-	1,0	1,5

Conviene hacer a estas dimensiones las observaciones siguientes:

- la altura de 1,5 m. puede conseguirse empleando para la hilada superior el gavión de 0,50 m. de altura que existe en el mercado.
- El dimensionamiento anterior no es aplicable para el tipo de dique considerado en (*), cuando $h = 2$ m., ni es posible ningún otro dimensionamiento estable salvo que se modifique el espesor de coronación $a=1$ m. adoptado.
- La anchura de 1,5 m. dada para la hilada inferior en el caso de $n=2$ m. es algo menor que la teóricamente necesaria cuando la altura de vertido sobre el umbral es de 2 m., que es de 1,63 m., pero es válido

Adoptándose la hipótesis de diseño, al objeto de evitar resultados excesivamente anchos, en la que ayudándose con -- las medidas comerciales de los gaviones, se ensancha el espesor de coronación y se reduce el resalto a 0,5 m.

Según la hipótesis referida, se obtienen las características constructivas.

H,	2,00 m.
a,	1,50 m.
d,	0,50 m.
Volumen cuerpo de obra,	29,00 m ³ .
Volumen de las alas,	9,00 m ³ .
Volumen cimentación,	7,50 m ³ .
Volumen total de Mamp. Gav. =	45,50 m ³ .

Estas albarradas se construirán en las zonas de actuación a razón de $1,89 \text{ m}^3$. de obra por metro lineal de barranco lo que equivale a 41,6 albarradas por Km., separadas 24 - metros entre si.

Dado que los valores mencionados son valores promedio a efectos de mediciones, la separación entre albarradas no será un valor constante igual a 24 metros, sino que se -- considerará de forma aproximada atendiendo a la pendiente del cauce, según nos muestra la siguiente tabla.

PENDIENTE %	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Separación entre albarradas (m)	80	40	27	20	16	13	11	10	8,5	7,5

De acuerdo con el cuadro de distribución fijado con anterioridad, la longitud y volumen de obra en tramos secundarios a corregir en estas obras será:

Subcuenca Torrente	Longitud (Km.) a corregir -	Volumen en mampostería gacionada - (m ³ .)
SOLLERICH	3,00	5.670,0
AUMEDRA	3,40	6.426,0
BINIATSENT	0,60	1.134,0
MASSANELLA Y PRAT	5,90	11.151,0
HORT Y SA COVETA NEGRA	4,15	7.843,5
SA COMA	1,30	2.457,0
PICAROL	4,50	8.505,0
CAMP	3,20	6.048,0
MASANA	2,30	4.347,0
	<u>28,35</u>	<u>53.581,5</u>