



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Máster en Ingeniería
Hidráulica y Medio
Ambiente

Título del Trabajo Fin de Máster:

***“ADAPTACIÓN DE CUENCOS
DISIPADORES DE RESALTO A
CONDICIONES FUERA DE SU RANGO
DE DISEÑO INICIAL. APLICACIÓN AL
CASO DE LAS PRESAS ESPAÑOLAS”***

Intensificación:

HIDRÁULICA URBANA

Autor:

GARCÍA HERNÁNDEZ, CARLOS FRANCISCO.

Director/es:

DR. VALLES MORAN, FRANCISCO JOSÉ.

DR. ANDRÉS DOMÉNECH, IGNACIO.

Fecha: FEBRERO, 2012



Título del Trabajo Fin de Máster:

“ADAPTACIÓN DE CUENCOS DISIPADORES DE RESALTO A CONDICIONES FUERA DE SU RANGO DE DISEÑO INICIAL. APLICACIÓN AL CASO DE LAS PRESAS ESPAÑOLAS”

Autor: **GARCÍA HERNÁNDEZ, CARLOS FRANCISCO.**

Tipo	A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>	Lugar de Realización	VALENCIA
Director	DR. VALLES MORAN, FRANCISCO	Fecha de Lectura	
Codirector1	JOSÉ.		
Codirector2	DR. ANDRÉS DOMÉNECH, IGNACIO.		
Tutor			

Resumen:

La normativa en relación a la seguridad de presas y embalses es cada vez más exigente, obligando en muchos casos a la ampliación del aliviadero existente. De donde se tiene que la seguridad ante la inundación por la descarga y a la disipación de energía en presas de gravedad vertedero, es un tema muy importante en la ingeniería hidráulica, especialmente en los casos de altura de caída y de caudales específicos elevados, por lo que para el diseño de estas presas se debe de asumir una gran importancia en el diseño del aliviadero y del cuenco disipador de energía.

Una solución propuesta, para el diseño, es el uso del ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado, con la que se podrá elegir el tipo de cuenco amortiguador tipificado más adecuado que debe utilizarse, así como para comprobar la validez del cuenco tipificado existente de una presa. Además, para los casos en los que no sea conveniente utilizar un cuenco tipificado, se utilizará la aireación artificial para modificar las características originales del flujo a la entrada del cuenco y con la ayuda de la gráfica de la curva de cavitación se podrá conocer de forma anticipada las presas que pueden estar propensas a la aparición de daños por cavitación.

Por lo que se concluye, en relación a los resultados obtenidos del presente trabajo para el caso del diagnóstico de las presas españolas de gravedad vertedero inventariadas, que la aplicación del ábaco para la elección y predimensionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados constituye una herramienta sencilla y robusta para la comprobación de la buena elección y el correcto funcionamiento del cuenco tipificado existente de una determinada presa. Y en relación a la adaptación de los casos fuera de su rango de funcionamiento, se ha demostrado teóricamente que con el uso de la aireación artificial se pueden modificar las características originales del flujo a la entrada del cuenco. De este modo, actuando sobre la aireación, se puede conseguir desplazar el punto a la zona de no cavitación, e incluso, llevarlo a la zona de funcionamiento de los cuencos tipificados.

Abstract.

The regulations concerning the safety of dams and reservoirs is increasingly demanding, often requiring the extension of the existing spillway. Where security has to be before the flood discharge and energy dissipation in gravity dams landfill is a major issue in hydraulic engineering, especially



in cases of drop height and high specific flow, so that for the design of these dams should assume a great importance in the design of the spillway and the energy dissipator.

One proposed solution for the design is the use of the abacus to the election and pre-dimensioning of the stilling basin typified, with which you can choose the type of stilling basin typified most suitable to be used, as well as checking the validity of the stilling basin typified an existing dam. Further, for cases in which it is not convenient to use a stilling basin typified be used artificial aeration to modify the original characteristics of the flow at the entrance of the stilling basin and with the aid of the curve graph of cavitation can be known so early dams may be prone to the occurrence of cavitation damage.

As concluded in relation to the results of this study for the case of diagnosis of the Spanish gravity dams spillway recorded, that implementation of the abacus to the election and pre-dimensioning of the stilling basins typified is a simple and robust for testing the right choice and proper functioning of the stilling basins typified existing in a particular dam. And in relation to the adaptation of cases outside its operating range, has been shown theoretically that with the use of artificial aeration can modify the original characteristics of the flow at the entrance of the stilling basin. Thus, by acting on the aeration may be achieved to move the point of no cavitation zone, and even bring it to the operating area of the stilling basins typified.

Palabras clave:

Cuencos de disipación de energía, cavitación, ábaco de predimensionamiento, curva de cavitación, aireación.

RESUMEN:

La normativa en relación a la seguridad de presas y embalses es cada vez más exigente, obligando en muchos casos a reducir el volumen del embalse utilizable o a la ampliación de los aliviaderos existentes. En relación a este último aspecto la disipación de energía en presas de gravedad vertedero es un tema crucial especialmente en los casos de una gran alta de caída y caudales específicos elevados. En estos casos el correcto diseño del aliviadero y del cuenco disipador de energía al pie de la rápida cobran una especial relevancia.

Una posibilidad en el diseño es el uso de un cuenco amortiguador tipificado. El *ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado* puede, mediante un sencillo cálculo, facilitar la elección del tipo de cuenco amortiguador tipificado que debe utilizarse en cada caso. En función de las características hidráulicas y geométricas de la presa, caudal específico (q), altura de caída de la presa (Z) y número de Froude (F_1), a la entrada al cuenco se obtiene el punto de funcionamiento de la presa que junto con el ábaco, permite realizar la selección. Además dicho ábaco también es de utilidad para comprobar la validez del cuenco amortiguador tipificado de una determinada presa existente ante eventuales cambios en sus parámetros hidráulicos de funcionamiento.

Otra consideración que se debe de tomar en cuenta, ante la problemática arriba mencionada, es la disminución de los problemas de cavitación, para lo cual se propone el uso de la aireación artificial en las estructuras hidráulicas, fundamentalmente en los aliviaderos y cuencos disipadores de energía, de las presas de gravedad vertedero. Todo esto mediante el análisis respecto a la gráfica de la *curva de cavitación*, la cual nos permitirá identificar de forma anticipada tanto las presas que pueden estar propensas a la aparición de daños por cavitación como aquellas en las cuales no se espera la aparición de dicho fenómeno.

En la presente tesina se lleva a cabo la comprobación de la buena elección y el correcto funcionamiento del cuenco amortiguador tipificado existente de las presas españolas de gravedad vertedero inventariadas, mediante la utilización del *ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*. Además se llevará a cabo el análisis de la ampliación del campo de aplicación de los cuencos tipificados conocidos, aplicado a las presas inventariadas que se salen del rango de aplicación de los mismos, mediante su análisis respecto de la *curva de cavitación*.

Para el diagnóstico de las presas españolas de gravedad vertedero, se concluye, en relación a los datos obtenidos, que la utilización del *ábaco* junto con la *curva de cavitación* son herramientas sencillas y robustas para comprobar la buena elección y correcto funcionamiento del cuenco amortiguador tipificado existente de una determinada presa.

En lo que respecta a la adaptación de los casos fuera de su rango de funcionamiento, el uso de la aireación artificial puede modificar las características originales del flujo a la entrada del cuenco (y_1, U_1, F_1) con altura de caída correspondiente Z , de tal forma que con las nuevas características del flujo aireado obtenidas ($y_{1eq}, U_{1eq}, F_{1eq}$) se calcula la altura de caída virtual correspondiente (Z_{eq}). Con este nuevo valor, que será menor que el original debido a que la aireación esponja y frena al flujo, y con el caudal específico que no varía, se obtiene el nuevo punto de funcionamiento (Z_{eq}, q). Como, en cualquier caso, $Z_{eq} < Z$, el nuevo punto de funcionamiento siempre supone un desplazamiento hacia la izquierda del ábaco. De este modo, actuando sobre la aireación, se puede conseguir desplazar el punto a la zona de no cavitación (a la izquierda de la curva), e incluso, llevarlo a la zona de correcto funcionamiento de los cuencos tipificados.

Así con la ayuda de la aireación artificial se amplía el campo de aplicación de los cuencos tipificados conocidos, al conseguir que situaciones que se salen del rango habitual de utilización, modifiquen las condiciones del flujo al pie del resalto mediante la aireación artificial, de tal manera que se vuelvan a tener condiciones de entrada propias del rango de aplicación de los cuencos tipificados conocidos.

La tesina demuestra, en relación a los casos prácticos analizados, la viabilidad de los aireadores convencionales para resolver los problemas de cavitación en la rápida y para reubicar puntos de funcionamiento de las presas fuera de rango a la zona de cuencos tipificados.

Dichos resultados son comprobados teóricamente, faltando por verificarlos experimentalmente en un modelo físico reducido y así poder ampliar algunos rangos de diseño y aplicación.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.	INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 2.	RESALTO HIDRÁULICO.....	9
CAPÍTULO 3.	CUENCO AMORTIGUADOR COMO ELEMENTO DISIPADOR DE ENERGÍA.....	30
CAPÍTULO 4.	CUENCOS AMORTIGUADORES TIPIFICADOS.....	46
CAPÍTULO 5.	AIREACIÓN.....	73
CAPÍTULO 6.	DIAGNÓSTICO DE LAS PRESAS ESPAÑOLAS DE GRAVEDAD VERTEDERO EN RELACIÓN AL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE SUS OBRAS DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA.....	104
CAPÍTULO 7.	ADAPTACIÓN DE CASOS FUERA DE RANGO MEDIANTE EL USO DE LA AIREACIÓN ARTIFICIAL. ENFOQUE TEÓRICO.....	137
CAPÍTULO 8.	CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS.....	208
APÉNDICE	216
REFERENCIAS	330

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.	1
1.2. Situación de la seguridad de presas y embalses en España.....	4
1.3. Marco teórico de la investigación.	5
1.4. Inventario de las presas Españolas de gravedad con vertedero.....	6
1.5. Objetivos del trabajo de investigación.	7
CAPÍTULO 2. RESALTO HIDRÁULICO	9
2.1. Introducción	9
2.2. Análisis de calados conjugados en el resalto hidráulico clásico.	11
2.3. El fenómeno del resalto y su caracterización.	14
2.3.1. Pérdida de energía.	16
2.3.2. Eficiencia del resalto hidráulico.	17
2.3.3. Altura del resalto.	17
2.3.4. El perfil superficial.....	17
2.3.5. Posición del resalto.....	18
2.3.6. Longitud del resalto.....	19
2.4. Resalto sumergido o anegado.....	20
2.5. Resalto forzado.....	21
2.6. Elementos disipadores más usuales.....	23
2.6.1. Umbral continuo.....	24
2.6.2. Bloques amortiguadores.....	25
2.6.3. Caída vertical.....	26
2.6.4. Trampolines sumergidos.	27
CAPÍTULO 3. CUENCO AMORTIGUADOR COMO ELEMENTO DISIPADOR DE ENERGÍA.	30
3.1. Introducción.	30
3.2. Efectos directos e indirectos provocados por las altas velocidades.	31
3.2.1. Cavitación.....	32
3.3. Tipos de elementos disipadores.....	36
3.3.1. Geometría de fondo en alzado.....	36
3.3.1.1. Escalones.....	37
3.3.1.2. Bloques amortiguadores de hormigón o bafles:.....	38
3.3.1.3. Dientes o dados.	38
3.3.1.4. Umbral.....	39
3.3.2. Geometría de fondo en planta.	40
3.3.2.1. Expansión.	40

3.3.2.1.1. Expansión brusca.....	40
3.3.2.1.2. Expansión gradual.....	41
3.3.3. Incremento de rugosidad en la solera.....	43
3.3.4. Variación de caudal.....	44
CAPÍTULO 4. CUENCOS AMORTIGUADORES TIPIFICADOS.	46
4.1. Introducción.....	46
4.2. Cuenco tipo S.A.F.....	46
4.3. Cuencos del USBR.....	49
4.3.1. Cuenco USBR I.....	49
4.3.2. Cuenco USBR II.....	50
4.3.3. Cuenco USBR III.....	51
4.3.4. Cuenco USBR IV.....	55
4.3.5. Cuenco USBR V.....	57
4.4. Cuenco ISI.....	58
4.4.1. Cuenco ISI original.....	58
4.4.2. Cuenco ISI modificado.....	59
4.5. Cuencos VNIIG.....	61
4.5.1. Cuenco VNIIG I.....	61
4.5.2. Cuenco VNIIG II.....	61
4.5.3. Cuenco VNIIG III.....	62
4.5.4. Cuenco VNIIG IV.....	63
4.6. Cuenco USCE.....	64
4.7. Ábacos para la elección y predimensionamiento de cuencos amortiguadores tipificados.	67
CAPÍTULO 5. AIREACIÓN.	73
5.1. Introducción.....	73
5.2. Formas de aireación del flujo.....	75
5.3. Parámetros característicos de la aireación.....	77
5.3.1. Concentración de aire (C).....	77
5.3.2. Concentración de agua (ω).....	78
5.3.3. Coeficiente de aireación (β).....	78
5.3.4. Densidad de la mezcla (ρ_m).....	79
5.4. Aireación natural.....	80
5.4.1. Estructura transversal del flujo.....	82
5.4.2. Estructura longitudinal del flujo.....	83
5.4.2.1. Zona sin aireación, punto crítico.....	84
5.4.2.2. Zona de aireación uniforme.....	85
5.4.2.3. Zona de aireación gradual.....	85

5.5. Aireación artificial.....	86
5.5.1. Tipos de aireadores.....	87
5.5.2. Mecanismo de la aireación artificial y estructura longitudinal del flujo.....	89
5.5.2.1. Mecanismo de la aireación.....	89
5.5.2.2. Estructura longitudinal del flujo.....	91
5.5.3. Realizaciones internacionales de la aplicación de aireación artificial.	94
5.5.4. La influencia de la aireación en la cavitación.	97
5.5.5. Investigaciones recientes en relación a la influencia de la aireación en la cavitación.	97
5.5.6. Investigaciones recientes en relación a la aireación en aliviaderos escalonados como modo para evitar los daños por cavitación.	98
5.6. Ampliación del campo de aplicación de los cuencos tipificados utilizando la aireación artificial, Curva de Cavitación.	102

CAPÍTULO 6. DIAGNÓSTICO DE LAS PRESAS ESPAÑOLAS DE GRAVEDAD VERTEDERO EN RELACIÓN AL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE SUS OBRAS DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA. 104

6.1. Introducción.	104
6.2. Muestreo y obtención de la información de las presas españolas de gravedad con vertedero.....	105
6.3. Cálculo y ubicación del punto de funcionamiento de cada presa dentro de la zona de funcionamiento del ábaco.....	114
6.4. Análisis de la correcta selección y funcionamiento del cuenco amortiguador tipificado de las presas españolas en relación con el ábaco de selección y predimensionamiento del Cuenco Amortiguador Tipificado.	126
6.4.1. Identificación de las presas en el ábaco. Cuenco tipo SAF.....	126
6.4.2. Identificación de las presas en el ábaco para un cuenco amortiguador de la Familia USBR.	127
6.4.2.1. Cuenco tipo USBR II.	127
6.4.2.2. Cuenco tipo USBR III.	128
6.4.3. Identificación de las presas en el ábaco. Cuenco amortiguador de la familia VNIIG.....	129
6.4.3.1. Cuenco tipo VNIIG III.....	129
6.4.3.2. Cuenco tipo VNIIG IV.....	130
6.5. Análisis de la situación de cada presa en relación con la Curva de Cavitación.....	131
6.6. Conclusiones.	135

CAPÍTULO 7. ADAPTACIÓN DE CASOS FUERA DE RANGO MEDIANTE EL USO DE LA AIREACIÓN ARTIFICIAL. ENFOQUE TEÓRICO..... 137

7.1. Introducción.	137
-------------------------	-----

7.2. Proceso de diseño de los aireadores en función del programa de cálculo ALIV-AIR.	138
7.3. Información básica. Datos de entrada del programa.	139
7.4. Hipótesis y parámetros de cálculo. Datos Hidráulicos.	143
7.5. Ejemplo numérico de la aplicación de la aireación artificial en las presas de gravedad vertedero. Primer Caso.	144
7.6. Ejemplo numérico de la aplicación de la aireación artificial en las presas de gravedad vertedero. Segundo Caso.	157
7.6.1. Aireación de la Presa Santa Teresa (P6).	158
7.6.2. Aireación de la presa de Torrejón Tajo (P80).	169
7.7. Ejemplo numérico de la aplicación de la aireación artificial en las presas de gravedad vertedero. Tercer Caso.	180
7.7.1. Aireación de la Presa de Rialb (P19).	181
7.7.2. Aireación de la presa San Esteban (P107).	194
7.8. Conclusiones.	205
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS.....	208
8.1. Síntesis de la revisión del estado del arte.	208
8.2. Aportaciones de la tesina.	211
8.2.1. Diagnóstico de las presas españolas de gravedad vertedero.	212
8.2.2. Propuestas para la resolución de problemas por cavitación y adaptación de casos fuera de rango.	213
8.3. Líneas de investigación futuras.	215
APÉNDICE.....	216
REFERENCIAS.....	330

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Antecedentes.

El agua constituye un elemento fundamental para la vida humana, condicionando de forma clara la situación económica y social de las poblaciones. El desarrollo de las mismas implica un aumento drástico de su consumo, lo cual, lleva a la necesidad de una mayor regulación de los recursos hídricos existentes.

Garantizar la disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficiente, será uno de los principales problemas a escala planetaria que se deberá resolver en el presente siglo. El uso más eficiente del recurso se consigue mediante técnicas de ahorro, de gestión de la demanda, de reutilización, de la optimización de la capacidad de embalses existentes, de uso conjunto de aguas subterráneas y superficiales, etc. y el empleo de técnicas no convencionales (desalinización) constituyen, cada vez más, las líneas de actuación preferentes para la gestión de un recurso tan escaso como preciado.

En los países desarrollados, la normativa en relación a la seguridad de presas y embalses es cada vez más exigente, obligando en muchos casos a reducir el volumen de embalse utilizable o a la ampliación de los aliviaderos existentes.

Por otra parte, la mayor parte de las presas ya están construidas y además existe una gran presión social en relación a los aspectos medioambientales. En este sentido la armonización de estas infraestructuras con el medio ambiente, así como la adecuada seguridad de las mismas serán aspectos cada vez más reclamados por la sociedad.

En el diseño de presas, especialmente aquellas que generan grandes cargas y/o que están localizadas en ríos con caudales importantes, se asume una especial consideración en el correcto diseño del vertedero y del cuenco disipador.

Alejándose de la situación límite que representa la rotura de la presa, cabe destacar que la literatura técnica sobre el funcionamiento de las obras de restitución al río con obras de disipación de energía es escasa. Esto sucede debido a que la mayoría de las obras han funcionado sólo con caudales muy inferiores a su capacidad de proyecto y, además, durante periodos cortos. Muchos de los aliviaderos en funcionamiento prolongado con caudales elevados se caracterizan por la frecuente aparición de serios trastornos (daños estructurales, socavación excesiva, etc.) cuya reparación resulta difícil y costosa.

La evacuación de los caudales excedentes es pues inevitable, pero presenta además una característica: como los sobrantes no se presentan repartidos en un largo periodo sino por

efecto de avenidas de duración relativamente corta (punta de días u horas) con caudales muy grandes, la evacuación de éstos plantea problemas de gran consideración por la envergadura de los caudales, unida a las circunstancias de que la elevación producida por la presa crea en el cauce una energía debida al desnivel, que ha de amortiguarse de alguna forma. El proyecto y la construcción de una presa, presentan problemas especiales que requieren gran conocimiento de varias ciencias y técnicas: elasticidad, geología, cimientos, hidráulica, propiedades y tratamiento de materiales, etc.

La provisión de una estructura de aliviadero en una presa permite la evacuación del agua almacenada con un nivel superior a la capacidad del embalse y también el control aguas abajo del flujo de agua.

La seguridad de la inundación por la descarga y la disipación de energía es un tema muy importante en la ingeniería hidráulica, especialmente en los casos de una alta caída de agua y caudales específicos elevados. Muchos estudios han sido dedicados a este problema. Rajanamam (1968), Hager (1985) y Ohtsu (1999) realizaron estudios experimentales de la disipación de energía sobre este flujo con caídas abruptas o expansiones simétricas. Katakam (1998) estudió las características de disipación de energía sobre este flujo con una caída abrupta y una expansión súbita, y encontró que se requiere un cierto nivel del agua para asegurar que el resalto hidráulico puede ser reducido y que el patrón del flujo aguas abajo sea estable. También se encontró que la pérdida de energía relativa en el cuenco amortiguador es mayor en el cuenco de tipo expansión súbita que en el cuenco tipo de caída abrupta.

La capacidad de descarga del aliviadero de las viejas presas con frecuencia no cumple con los requisitos de seguridad hidrológica actuales. Si el aumento de la capacidad del vertedero existente es técnicamente no recomendable o económicamente inviable, una alternativa es ofrecer protección al desbordamiento sobre la estructura de la presa, por lo que una solución factible al problema es la construcción de un aliviadero complementario para ser utilizado como un servicio o un aliviadero de emergencia.

Una reevaluación reciente de la avenida de diseño de las presas de diversas partes del mundo reveló que muchas tienen la capacidad del aliviadero insuficiente, lo que puede dar lugar a desbordamiento de presas (vertido por coronación). El desbordamiento de las presas puede causar la falla de la estructura en su conjunto, a menos que un sistema de protección sea considerado.

Es por lo tanto necesario revisar el correcto funcionamiento de los órganos de desagüe de las presas antiguas. Un aliviadero y/o una obra de disipación de energía obsoleta ponen en peligro a toda la presa.

Excluyendo el deterioro por el paso del tiempo y el funcionamiento normal, los principales motivos de la obsolescencia de los órganos de desagüe se pueden englobar en cinco grandes grupos: hidrológicos, reglamentarios, hidráulicos, nuevas exigencias y condiciones de explotación y, finalmente, los derivados de los mecanismos de accionamiento y órganos de control del caudal. Evidentemente una mala explotación y operación de los órganos de desagüe pueden llevar con el tiempo a un deterioro prematuro de los mismos.

La obsolescencia puede deberse en especial a motivos hidrológicos o hidráulicos.

Los motivos hidrológicos pueden separarse en:

- Infravaloración del caudal punta de la avenida de proyecto debido a los métodos de cálculo disponibles en la época de diseño y construcción de la obra, la carencia de datos hidrológicos (pluviométricos y foronómicos), la falta de herramientas matemáticas (estadísticas, modelos matemáticos), la falta de medios y/o conocimientos del proyectista, etc.
- Infravaloración del volumen de la avenida; para un mismo volumen de embalse, a mayor volumen de avenida se consigue una menor laminación.

Los motivos hidráulicos se pueden dividir en dos grupos, por un lado, los que tienen que ver directamente con la propia obra o estructura y por otro, los que afectan el cauce de reintegro. De esta manera se pueden establecer la siguiente clasificación:

- a) Los fallos en las estructuras se deben a:
 - Mala concepción inicial.
 - Funcionamiento correcto sólo para un rango muy restringido de caudales.
 - Problemas derivados del uso (deterioro):
 - Funcionamiento durante periodos de tiempo mayores a los previstos.
 - Aparición de los problemas de cavitación (aeración insuficiente, etc.).
 - Aparición de vibraciones, etc.
 - Aparición de problemas hidrodinámicos, subpresiones, abrasión.
- b) Los fallos en la zona de reintegro al cauce se deben a:
 - Problemas de erosión en los márgenes.
 - Inestabilidad de las laderas.
 - Cambio de las condiciones aguas abajo y su recuperación en el funcionamiento de la obra de reintegro.
 - Socavación y erosión del lecho al pie de la obra de reintegro.

1.2. Situación de la seguridad de presas y embalses en España.

El régimen hidrológico español se caracteriza por una extraordinaria irregularidad. Este tránsito continuo de la sequía a la inundación (como manifestaciones extremas de esta gran variabilidad) ha constituido, sin duda, un acicate histórico para la construcción de infraestructuras hidráulicas que paliaran las desastrosas consecuencias de ambos fenómenos y que garantizaran la disponibilidad de un recurso tan indispensable para la vida y la actividad económica como es el agua.

Las presas han constituido tradicionalmente un motor de la economía española, generando el agua regulada en los embalses, grandes beneficios en diversos sectores como el regadío, abastecimiento a la población, hidroelectricidad e industria.

Como consecuencia de la larga actividad presística de España, la cantidad de embalses ha ido aumentando considerablemente, así como la antigüedad de un gran número de ellos. En la actualidad el número de grandes presas supera las 1200 con una capacidad aproximada de 56000 hm³. De éstas, unas 450 son anteriores a 1960 y más de 100 ya existían en el año 1915.

Estas simples cifras indican que una parte importante de nuestros esfuerzos habrá que dedicarlos a la conservación y rehabilitación de este inmovilizado de capital social fijo, manteniéndolo en unas condiciones de explotación y seguridad acordes con las exigencias modernas.

De lo anterior se considera no sólo conveniente, sino indispensable, hacer una revisión de su situación actual y estudiar la posible adecuación de sus respectivos aliviaderos.

Criterios de seguridad más estrictos obligan a revisar el caudal de diseño de los aliviaderos y las estructuras disipadoras de las presas con más de 30 años en servicio y las nuevas metodologías de cálculo permiten hacerlo.

Cada vez que aparece una nueva reglamentación relacionada con los embalses, en ella se plasma un incremento en las medidas de seguridad. Uno de los cambios usuales es la utilización de mayores periodos de retorno para definir la Avenida de Proyecto, esto se traduce en revisar o diseñar para caudales mayores.

En España, es con la publicación en 1996 del “Reglamento Técnico de Seguridad de Presas y Embalses”, donde se hace patente la necesidad de desarrollar una metodología general que permita revisar y adaptar estas obras. Este reglamento técnico incluye en su ámbito de aplicación todas las fases de desarrollo y utilización de las presas y de los embalses, desde la fase de proyecto hasta la de su eventual puesta fuera de servicio.

La nueva reglamentación de presas y embalses, establece nuevos criterios de seguridad y la necesidad de actualizar periódicamente los estudios que en su día justificaron el dimensionamiento de las presas. Entre los aspectos a revisar se encuentra la hidrología y, consecuentemente, los caudales esperables de avenida.

Los condicionamientos adoptados en su día para el proyecto de presas relativamente antiguas, serán sin duda obsoletos a la luz de los nuevos datos recolectados desde el proyecto de las mismas y de los nuevos métodos de cálculo.

A tal fin, se establecen los requisitos y condiciones técnicas que deben cumplirse durante las fases de proyecto, construcción, puesta en carga, explotación y estado de fuera de servicio de las presas y embalses, en orden a alcanzar sus óptimas condiciones de utilidad y seguridad que eviten daños a las personas, a los bienes y al medio ambiente.

Otro de los puntos centrales y de especial importancia de este reglamento es la valoración del riesgo de fallo de las presas existentes con el objeto de garantizar, en la medida de lo posible pues siempre se trabaja con cierto grado de incertidumbre, la seguridad de personas y bienes ubicados aguas abajo de éstos. En él se propone una clasificación de presas en función de su riesgo potencial aguas abajo, basándose de la evaluación de los daños incluidos por una eventual rotura, avería grave o funcionamiento incorrecto. Se debe de revisar el funcionamiento del aliviadero para avenidas con distinto periodo de retorno; esta elección se hace en función de la clasificación del embalse.

Se resalta que en el presente reglamento no se especifican actuaciones a tomar en el caso de presas ya construidas, pero es lógico que en estos casos se revise la situación del embalse modificando la avenida de proyecto.

1.3. Marco teórico de la investigación.

La primera fase del presente trabajo se centra en los aspectos teóricos relacionados con el tema en estudio.

Se recaba información, de entre la literatura existente, relacionada con el fenómeno del resalto hidráulico ya que mediante éste se lleva a cabo la disipación de energía y la elección del tipo de estructura como elemento disipador de energía facilitando la estabilidad del resalto.

Se estudió la información recopilada referente a los *ábacos para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado* (Fernández-Bono, J.F y Vallés Morán, F.J., 2000), válidos para el caso de las presas de gravedad vertedero. En estos se

presenta una relación de los cuencos tipificados existentes en función de las variables que definen el rango de uso de cada uno de ellos.

El objetivo perseguido es verificar, para todas las presas españolas de gravedad con vertedero que tienen cuencos disipadores de energía de resalto hidráulico situadas al pie de las mismas, la correcta elección y el buen funcionamiento del cuenco amortiguador seleccionado.

Con la finalidad de disminuir o minimizar el riesgo de daños por cavitación producidos en el aliviadero de las presas, se recopiló y analiza la información existente relacionada con la aireación del flujo a la entrada al resalto hidráulico. Enfocándose principalmente en la aplicación de la *Curva de Cavitación* (Fernández-Bono, J.F y Vallés Morán, F.J., 2000), cuya aplicación permite caracterizar los flujos aireados en los aliviaderos de las presas y así nos permite conocer si es previsible o no la aparición de problemas de erosión por cavitación en la rápida de cualquier presa vertedero. Para la realización de los cálculos necesarios para la obtención de la mencionada curva, se utiliza el programa ALIV-AIR (Gutiérrez Serret, R. M. & Palma Villalon, A. 1994).

En el presente trabajo se lleva a cabo la identificación, de entre todas las presas españolas de gravedad vertedero que tienen cuencos disipadores de energía de resalto hidráulico situadas al pie de las mismas, cuáles de ellas estarían en condiciones de presentar problemas por cavitación.

Por último, con la finalidad de ampliar el campo de aplicación de los cuencos tipificados conocidos, aplicado a aquellas presas españolas de gravedad vertedero que se salen del rango de utilización de los mismos, se analiza la instalación de aireadores artificiales para que con la aireación del flujo al pie de la rápida vuelvan a tener condiciones de entrada al resalto propias de cada cuenco tipificado.

1.4. Inventario de las presas Españolas de gravedad con vertedero.

Una vez recopilada y analizada la información correspondiente para el presente trabajo, se procedió a la obtención de la muestra de estudio, de entre todo el inventario de presas españolas, aquellas que estrictamente cumplieran la siguiente condición: presas de gravedad vertedero que tienen cuencos disipadores de energía de resalto hidráulico situados al pie de las mismas. Llevada a cabo la obtención de la muestra de estudio se procedió a recabar y ordenar la información disponible de dichas presas.

La información requerida la podemos dividir en dos grupos de datos: datos geométricos y datos hidráulicos.

- Datos geométricos: se requiere conocer el desnivel entre el labio del vertedero y la solera de la estructura disipadora de energía, así como su ancho.
- Datos hidráulicos: se requiere conocer el caudal de diseño original (avenida de proyecto) y la carga hidráulica sobre el vertedero asociada a éste.

Finalmente con la obtención de estos datos se podrán calcular las dos variables necesarias para hacer uso de los *ábacos para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*, las cuales son: altura de caída y caudal específico en el cuenco.

1.5. Objetivos del trabajo de investigación.

Dentro de los aliviaderos que disponen las presas españolas, los más habituales son los de diseño con disipación de energía al pie mediante resalto hidráulico, los cuales tienen límites de funcionamiento muy estrictos, convirtiéndose en ineficaces para caudales superiores al de diseño, esto en relación con el aumento de su capacidad debido a nuevas necesidades. Por lo que, el presente trabajo aborda dicha problemática planteada, enfocándose en los cuencos disipadores de energía de resalto hidráulico situadas al pie de las presas de gravedad vertedero.

Para ello se llevara a cabo el siguiente planteamiento de investigación:

1. Estado de la técnica: Revisión de la literatura técnica existente relacionada con actuaciones concretas llevadas a cabo en casos similares, con la finalidad de obtener una serie de posibles medidas de actuación y/o criterios de adecuación.
2. Fase de diagnóstico: Análisis de la problemática en el caso particular de las presas españolas. Diagnóstico del funcionamiento de cada una de las presas españolas de gravedad con vertedero con respecto a:
 - a) El funcionamiento de la estructura de disipación de energía mediante resalto hidráulico situada al pie de la presa en relación con el ábaco de selección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado.
 - b) La identificación de las presas que puedan presentar la aparición de daños por cavitación en la rápida del vertedero utilizando la gráfica de la *Curva de Cavitación* que nos representa el efecto de la aireación del flujo sobre las condiciones de entrada al cuenco.
3. Propuesta de soluciones correctoras: Planteamiento de alternativas de solución factible a cada situación que se presente para cada presa; para el caso en el que, desde la fase

inicial de proyecto, sea inminente la aparición de problemas de erosión por cavitación en la rápida del vertedero y los funcionamientos inadecuados de la obra de disipación de energía y reintegro de caudal al cauce de aguas abajo.

CAPÍTULO 2. RESALTO HIDRÁULICO

2.1. Introducción

La transición de un flujo supercrítico a un subcrítico en canales abiertos es asociado con la formación de un resalto hidráulico (Hager, 1992). El llamado resalto hidráulico clásico (Bakhmeteff, 1932; Hager, 1992) se asume a un canal rectangular horizontal liso y prismático (con un número de Froude igual a $F_1 > 2$ que se acerca al supercrítico).

Los resaltos hidráulicos han sido ampliamente estudiados por su importancia en la disipación de energía aguas abajo de las estructuras hidráulicas. Un resalto hidráulico libre constituye una rápida transición del flujo supercrítico al subcrítico.

Los resaltos hidráulicos sirven principalmente para disipar el exceso de energía que fluye en el agua río abajo en las estructuras hidráulicas. Éstos son la mejor manera de disipar la energía presente en un fluido en movimiento. El resalto hidráulico es un fenómeno local, en el que la superficie libre se incrementa de repente con una fuerte agitación y pérdida de energía.

El resalto se hace más turbulento y más se disipa la energía, a medida que aumenta el número de Froude del flujo supercrítico aguas arriba.

Utilizando el número de Froude F_1 del flujo de acercamiento al supercrítico se hace una distinción entre el salto hidráulico ondular ($F_1 < 2$) y el clásico ($F_1 > 2$) (Bakhmeteff, 1932; Einwachter, 1932; Citrini, 1939; Hager, 1992).

Algunas de las primeras mediciones del flujo en los resaltos hidráulicos se realizaron en la India por Rajaratnam (1962) y Thandaveswara (1974). Un estudio importante fue el de Resch y Leutheusser (1972) destacando los efectos de las condiciones de entrada. En los últimos quince años, algunos avances significativos en su caracterización se han obtenido por parte de Chanson (1995, 2007, 2010), Mossa y Tolve (1998), Chanson y Brattberg (2000), Murzyn et al. (2005, 2007). Estos estudios documentan la distribución vertical de las fracciones de vacío, las tasas y el número de burbujas de aire y agua, así como las velocidades en los resaltos hidráulicos con las condiciones de flujo parcialmente desarrollado.

Glauert (1956) analizó la reacción de la pared en una solera horizontal en el contexto de la capa límite. Obtuvo una solución de la similitud de la distribución de velocidades del flujo laminar, pero en el flujo turbulento, no obtuvo una similitud completa. Schwarz y Cosart (1961) midieron experimentalmente la distribución de velocidades del chorro turbulento en la pared plana por un anemómetro de hilo caliente. Se calcula teóricamente el número de Reynolds y los esfuerzos cortantes en la solera, con la solución de las ecuaciones de

movimiento para un flujo turbulento estacionario. Rajaratnam (1967b) estudió experimentalmente el chorro turbulento de pared plana sobre soleras de rugosidad artificial y midió la velocidad y la tensión de corte en la solera con tubos Pitot y Preston, respectivamente. También se calculó la tensión de corte en la solera dejando de lado el impulso del reflujó. Wygnanski y Katz (1992) exploró la aplicabilidad de las diferentes leyes de escala del chorro de pared turbulento. Rajaratnam (2002a) presentó un estudio teórico y experimental de un chorro turbulento de pared plana con una profundidad finita aguas abajo. Ellos encontraron que para bajas profundidades aguas abajo, el flujo del impulso con respecto al flujo de avance en los chorros de pared decae notablemente con la distancia de la boquilla por el arrastre de flujo inverso. Long et al. (1990) y Wu y Rajaratnam (1995) reconocieron que los resaltos sumergidos, podrían ser vistos como un fenómeno de transición entre chorros de pared y los resaltos libres.

Tachie et al. (2004) informaron de los resultados experimentales de los efectos de las soleras lisas y rugosas con carácter transitorio en las características del flujo de un chorro turbulento de pared plana. Los resultados mostraron que la rugosidad de la solera aumenta el espesor de las capas interiores, pero el chorro de ancho medio es casi independiente de la rugosidad de la solera.

Muchas obras están presentes en la literatura y permiten la evaluación de la disipación de energía en un canal escalonado en el caso de un flujo hidráulico rugoso cuyo comportamiento es comparable al de las rápidas de bloques (Essery y Horner, 1978;. Díez-Cascón et al, 1991; Stephenson, 1991; Peyras et al, 1992; Christodoulou, 1993; Chamani Rajaratnam, 1999).

Chanson (1994) presentó el análisis de una serie de estudios sobre rápidas escalonadas llevadas a cabo por diferentes investigadores, así como en las condiciones del flujo aireado. Khatsuriya (2005) presentó la discusión de los estudios experimentales sobre rápidas escalonadas teniendo escalones con diferentes configuraciones geométricas para el flujo de la lámina de agua, el caudal de transición, y las condiciones del flujo aireado.

Un gran número de estudios hidráulicos en aliviaderos escalonados se presentaron durante la última década. Prácticamente todos estos flujos sobre aliviaderos investigados tienen un acuerdo en donde el origen es la cresta de un aliviadero estándar situada en el extremo superior aguas arriba y un dissipador de energía situado en el extremo inferior aguas abajo. Los principales temas investigados fueron: el punto de inicio de la aireación, la concentración media del aire aguas abajo de la misma, las características de la mezcla del flujo aire-agua y la disipación de la energía total de la estructura del aliviadero (Boes, 2000; Menor y Hager, 2000; Chanson, 2002; Boes y Hager, 2003a, b).

Pagliara Chivaccini (2006b) llevó a cabo pruebas experimentales para determinar la disipación de energía causada por la presencia de una rápida con bloques.

2.2. Análisis de calados conjugados en el resalto hidráulico clásico.

El cálculo simplificado de las ecuaciones del resalto hidráulico se basa en la ecuación de continuidad y la de conservación de la cantidad de movimiento, ya que, como existe pérdida importante de energía que se transforma en calor, no se puede utilizar la ecuación de conservación de la energía.

Las fuerzas exteriores existentes son las de presión, las de fricción con el contorno y las de peso. A los efectos del estudio teórico del resalto nos valdremos de las ecuaciones aplicables al caso. Para lo cual es necesario fijar algunas hipótesis simplificativas, que son las siguientes:

- Pendiente de fondo pequeña, lo cual permite suponer una distribución hidrostática de presiones.
- Fluido incompresible, debido a que no se evaluarán fenómenos elásticos, lo cual implica además densidad constante, reduciendo las expresiones de las ecuaciones de continuidad.
- Régimen turbulento correspondiente al estado natural normal del flujo en canales abiertos.
- Flujo unidimensional, la velocidad varía en una sola dimensión, implicando necesariamente el uso de velocidades medias y el obviar la distribución natural en flujos en lámina libre.
- Flujo estacionario de agua pura.
- Presión atmosférica en la superficie libre.

Con las anteriores hipótesis se tiene (Figura 2.1) para un canal rectangular:

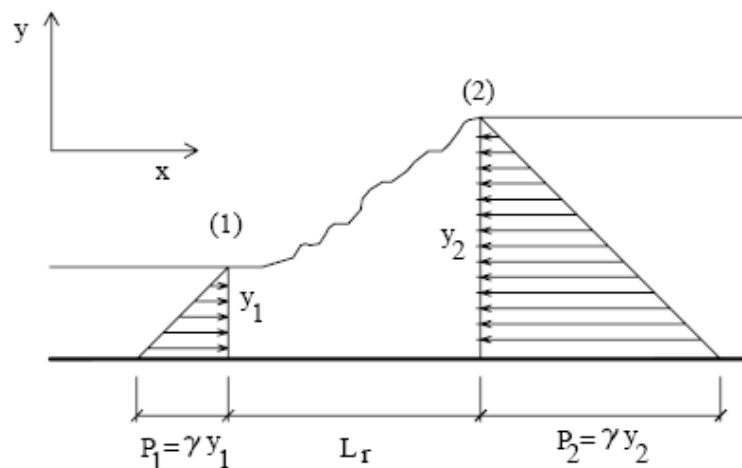


Figura 2.1. Ecuación del resalto. (Martinez O. Eduardo, 2011).

Si el ancho del canal, segmento rectangular, es b , de lo anterior se tiene la ecuación de continuidad, expresión de la ley de la conservación de la masa:

$$Q = v_1 b y_1 = v_2 b y_2$$

$$v_1 y_1 = v_2 y_2 \quad (2.1)$$

Por otra parte sabemos que la variación de cantidad de movimiento es igual a la resultante de las fuerzas aplicadas. La ecuación de conservación de la cantidad de movimiento es, bajo las hipótesis anteriores:

$$\sum \overline{F}_{ext} = M_{sal} - M_{ent}$$

La ecuación anterior es vectorial pero sólo interesa en la dirección x por lo que se tiene, por unidad de ancho:

$$\frac{1}{2} \gamma y_1^2 - \frac{1}{2} \gamma y_2^2 = \rho y_2 v_2^2 - \rho y_1 v_1^2 \quad (2.2)$$

Sustituyendo (2.1) en (2.2), con $\gamma = \rho \cdot g$ y $F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot y_1}}$ se tiene:

$$y_1^2 - y_2^2 = 2 \frac{y_1^3}{y_2} F_1^2 - 2 y_1^2 F_1^2$$

dividiendo por y_1^2

$$1 - \left[\frac{y_2}{y_1} \right]^2 = 2 \frac{y_2}{y_1} F_1^2 - 2 F_1^2$$

luego:

$$\left[\frac{y_2}{y_1} + 1 \right] \left[\frac{y_2}{y_1} - 1 \right] = 2 F_1^2 \left[\frac{y_2 / y_1 - 1}{y_2 / y_1} \right]$$

Descartando la solución obvia ($y_2 = y_1$), la ecuación queda:

$$\left[\frac{y_2}{y_1} + 1 \right] = 2 F_1^2 \left[\frac{y_1}{y_2} \right]$$

Operando se tiene:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{8 F_1^2 + 1} - 1 \right) \quad (2.3)$$

Los calados y_1 e y_2 en un resalto se denominan calados conjugados. La fórmula (2.3) permite calcular la velocidad v_1 si se conocen y_1 e y_2 o bien calcular y_2 conocidos v_1 e y_1 .

Bremen y Hager (1989) obtuvieron la siguiente ecuación experimental para calcular la proporción de calados conjugados. Dicha proporción depende no sólo del número de Froude (F_1) sino también del número de Reynolds (R_1) y del ancho relativo del canal o cuenco donde se presenta el resalto.

$$Y = Y_o \left[1 - 3.25\omega \times \exp^{(F_1/7)} \times (\log R_1^*)^{-3} \right] \quad (2.4)$$

donde:

$$Y_o = Y^* \left[1 - 0.70 (\log R_1^*)^{-2.5} \times \exp^{(F_1/8)} \right]$$

Ω = y_1/b (ancho relativo del canal).

R_1^* = $U_1 * y_1 * v^{-1}$, número de Reynolds al inicio del resalto (modificado).

ν = Viscosidad cinemática.

U_1 = Velocidad.

y_1 = Calado supercrítico (conjugado menor).

La diferencia de los resultados obtenidos entre las ecuaciones (2.3) y (2.4) aumenta al aumentar F_1 y ω y al disminuir R_1^* .

Vito Ferro, et al (2007), presentaron los resultados de una investigación experimental del resalto hidráulico en soleras rugosas horizontales. Los experimentos se llevaron a cabo para estudiar el efecto de la rugosidad de la solera tanto en la relación del calado conjugado mayor (y_2) y la longitud del resalto L_r . La investigación permitió dar una nueva solución de la ecuación de movimiento para la relación entre la profundidad del calado conjugado mayor (y_2) en función del número de Froude y la relación entre la altura de la rugosidad k_s y la profundidad del flujo supercrítico aguas arriba (y_1). También probaron la aplicabilidad de algunas relaciones empíricas para la estimación de la longitud del resalto.

Vito Ferro, et al (2009), aplicando el análisis dimensional y la auto-similitud incompleta, proponen una nueva relación funcional para la relación entre calados conjugados del resalto hidráulico (y_2/y_1), sobre ambas soleras horizontales lisas y rugosas. Esta solución generalizada tiene un solo parámetro numérico estimado usando ϵ , lo anterior en relación a los resultados disponibles de sus experimentos para un flujo de agua en un canal abierto de rápida lisa caracterizado por un gran número de Froude, obteniéndose que la resistencia límite

depende del número de Reynolds (efectos viscosos) y Froude (efectos gravitacionales). Dicha ecuación es la siguiente:

$$\frac{y_2}{y_1} - 1 = \sqrt{2} \exp\left(-\frac{k_s}{k}\right) (F_1 - 1)^{0.963}$$

donde:

k_s = rugosidad de altura en la solera.

k = rugosidad relativa en la solera.

2.3. El fenómeno del resalto y su caracterización.

Existen varios tipos de resalto hidráulico, de entre los cuales los más frecuentes son los siguientes:

Resalto Clásico: es el más sencillo y estudiado, por lo que es usado como punto de referencia para comprender los otros tipos de resaltos hidráulicos.

Resalto Sumergido o Anegado: se presenta cuando el calado en la zona de reintegro es mayor que el conjugado correspondiente al calado al pie de la rápida.

Resalto Forzado: es el provocado por elementos disipadores dentro de un cuenco amortiguador por la ventaja económica que tiene el reducir la longitud del resalto y la ventaja hidráulica de aumentar la disipación de la energía.

A efectos de comenzar el estudio del resalto hidráulico clásico, se llevará a cabo un estudio semi-cualitativo. Para ello se idealizará todas las expresiones a la disposición de un canal rectangular de pendiente horizontal, al que se hace llegar agua por otra conducción, de pendiente adecuada. Entre ambos se interpone una compuerta, por debajo de la cual se hará pasar un caudal Q .

Como se ha comentado anteriormente, el resalto se produce en el caso de que un flujo en lámina libre pase de régimen supercrítico a subcrítico. Aun así el régimen supercrítico puede ser de diferente magnitud energética, caracterizándose éste mediante el número de Froude:

$$F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot y_1}}$$

Las formas en las que se puede presentar este tipo de resalto hidráulico son (Figura 2.2):

- a) Resalto débil para $1.5 \leq F_1 \leq 2.5$. El cuenco es bastante tranquilo. El amortiguamiento es pequeño. Con una elevación suave de la superficie aguas abajo y disipación de energía entre el 5 al 15%.
- b) Resalto de transición, $2.5 \leq F_1 \leq 4.5$. con ondas fuertes y pulsaciones que pueden ir hacia aguas abajo causando problemas. Tiene una cierta pulsación, pero no periódica. El resalto es inestable por lo que debe evitarse. Presenta una disipación de la energía importante de entre el 15 al 45%.
- c) Resalto estacionario o estable, $4.5 \leq F_1 \leq 9.0$. Buen resalto. Viene muy poco afectado por la variación de y_2 , lo que es conveniente, puede proporcionar un margen para posible imprevistos y contribuye a la estabilidad. El resalto está bien definido, coincidiendo el fin del rodillo con el del resalto A medida que el número de Froude aumente, el resalto se hace más variable a la profundidad aguas abajo. Produce pérdidas de energía entre el 45 al 70%.
- d) Resalto fuerte, $F_1 > 9.0$. Buen resalto, pero brusco. La longitud del rodillo coincide con la del resalto, pero las velocidades fuertes acaban antes. El rodillo cae hacia agua arriba en la zona del chorro, intermitentemente. Presenta una alta disipación de energía pudiéndose alcanzar hasta el 85%.

Como vemos a medida que el número de Froude aumenta el comportamiento es diferente. El fenómeno es tal que evidentemente no se conserva la energía propia de la corriente, produciéndose una disipación de energía por medio de remolinos turbulentos.

En la medida que el número de Froude aumenta el fenómeno es más violento, llegando, en el caso de los resaltos fuertes, a producirse incluso desprendimiento en la lámina libre.

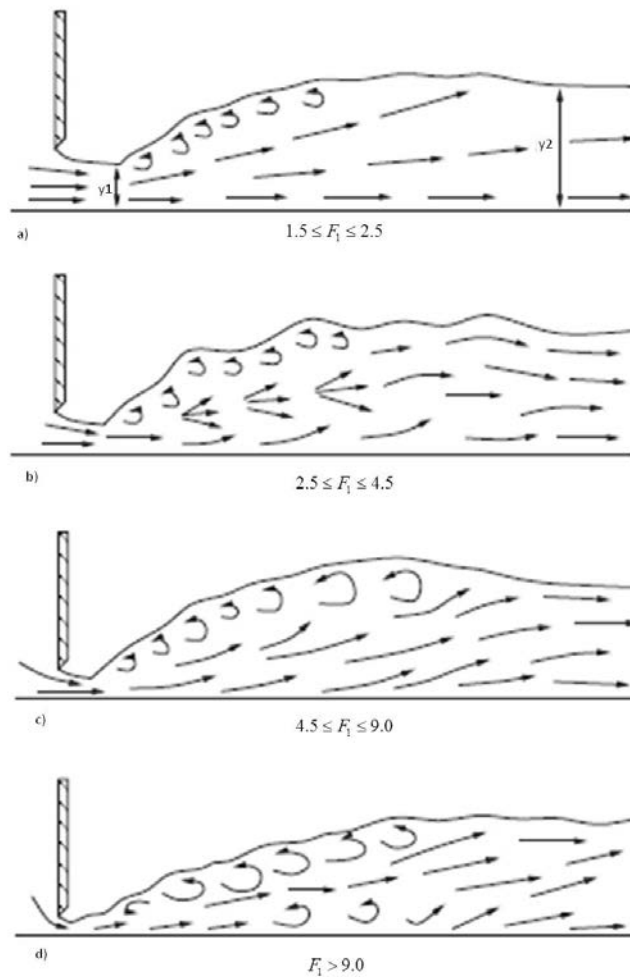


Figura 2.2. Tipos de resalto hidráulico clásico. (Peterkar, A. J., Bureau of Reclamation, 1964).

2.3.1. Pérdida de energía.

La pérdida de energía en el resalto es fácil de conocer calculando la energía antes y después del resalto (supuesto horizontal) según:

$$\Delta H = \left(y_1 + \frac{v_1^2}{2g} \right) - \left(y_2 + \frac{v_2^2}{2g} \right)$$

Operando en la ecuación anterior se tiene la expresión de la pérdida de energía en el resalto:

$$\Delta H = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1 y_2} \quad (2.5)$$

Con las ecuaciones de los calados conjugados y la de la pérdida de la energía en el resalto nos permiten ahora tener una mejor comprensión del fenómeno. Si observamos la Figura 2.3 podremos ver una representación del resalto y la evolución de los calados y la energía.

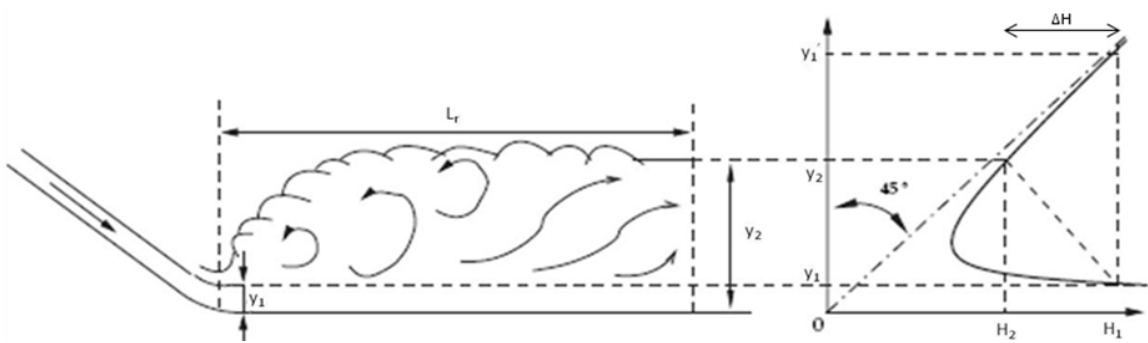


Figura 2.3. Calados conjugados y energía perdida en el resalto. (Márquez Santiago, 2006).

2.3.2. Eficiencia del resalto hidráulico.

Es la relación entre la energía específica antes y después del resalto. Es una función adimensional y depende sólo del número de Froude del flujo de aproximación.

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{(8F_1^2 + 1)^{3/2} - 4F_1^2 + 1}{8F_1^2(2 + F_1^2)} \quad (2.6)$$

2.3.3. Altura del resalto.

Es la diferencia entre las profundidades antes y después del resalto.

$$h_j = y_2 - y_1 \quad (2.7)$$

2.3.4. El perfil superficial.

El conocimiento del perfil superficial de un resalto hidráulico es necesario en el diseño de los cajeros laterales del cuenco disipador donde ocurre el resalto. También es importante para determinar la presión que debe utilizarse en el diseño estructural, debido a que la presión vertical en la solera horizontal bajo un resalto hidráulico es prácticamente la misma a la base del perfil de la superficie del agua. El perfil superficial de un resalto hidráulico puede representarse mediante curvas adimensionales para varios valores del número de Froude (F_1). (Figura 2.4).

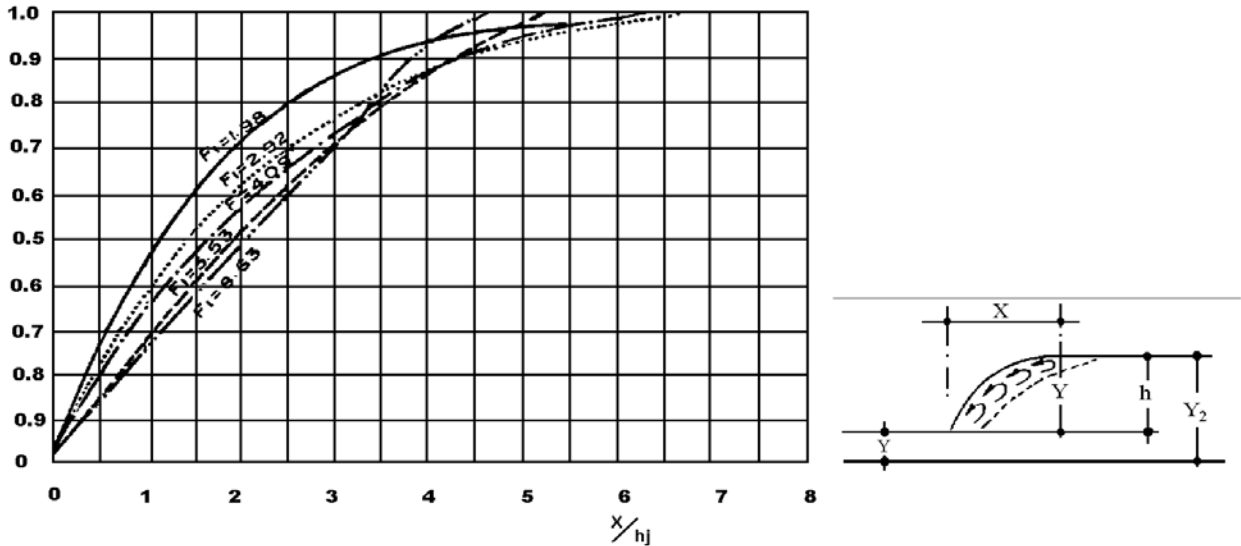


Figura 2.4. Perfiles superficiales adimensionales de resaltos hidráulicos en canales horizontales. (Con base en datos de Bakhmeteff-Matzke). (Márquez Santiago, 2006).

2.3.5. Posición del resalto.

El análisis realizado del resalto supone la igualdad entre el calado conjugado mayor y_2 y el calado en la zona de reintegro. Ahora bien esta condición es ideal y rara vez se da, cualquier diferencia entre los valores de las variables hidráulicas supuestos, con los reales llevará al abandono de este régimen.

Para un caudal dado, pueden presentarse tres tipos de resalto. Sean y_2 el conjugado mayor del resalto e y_2' el calado en la zona de reintegro al cauce, que se considera fijo, entonces los tipos de resalto son:

1º) **Resalto claro.** Cuando ambos calados son iguales, el resalto se forma justo al pie de la rápida, donde existe el cambio de pendiente. Ésta es la disposición ideal en cuanto a disipación de energía y minimización de la socavación. El problema que suele presentarse es que un ligero cambio en los parámetros hidráulicos y/o condiciones aguas abajo, pueden producir el desplazamiento del resalto hidráulico hacia aguas abajo. Se recomienda por tanto, añadir algún elemento disipador que fije la posición del resalto. (Figura 2.5a).

2º) **Resalto corrido.** En este caso el calado en la zona de reintegro es menor y_2' es menor que y_2 . En tal caso, el resalto hidráulico se mueve hacia aguas abajo hasta que el calado inicial sea el conjugado menor del calado en el río. Esta condición debe evitarse por los riesgos de socavación. La solución consiste en usar un control en la solera del canal, por ejemplo un escalón, con el cual, al incrementar el calado, se asegure que el resalto hidráulico se presente en la zona protegida.

3°). **Resalto sumergido o anegado.** En este caso el calado en la zona de reintegro y_2' es mayor que y_2 , con lo que el resalto hidráulico se desplaza hacia aguas arriba, llegando incluso a ahogarse. Se trata en este caso de un diseño que, por la longitud del resalto, queda del lado de la seguridad pero se disipa menos energía que en el caso de un resalto claro. (Figura 2.5 b).

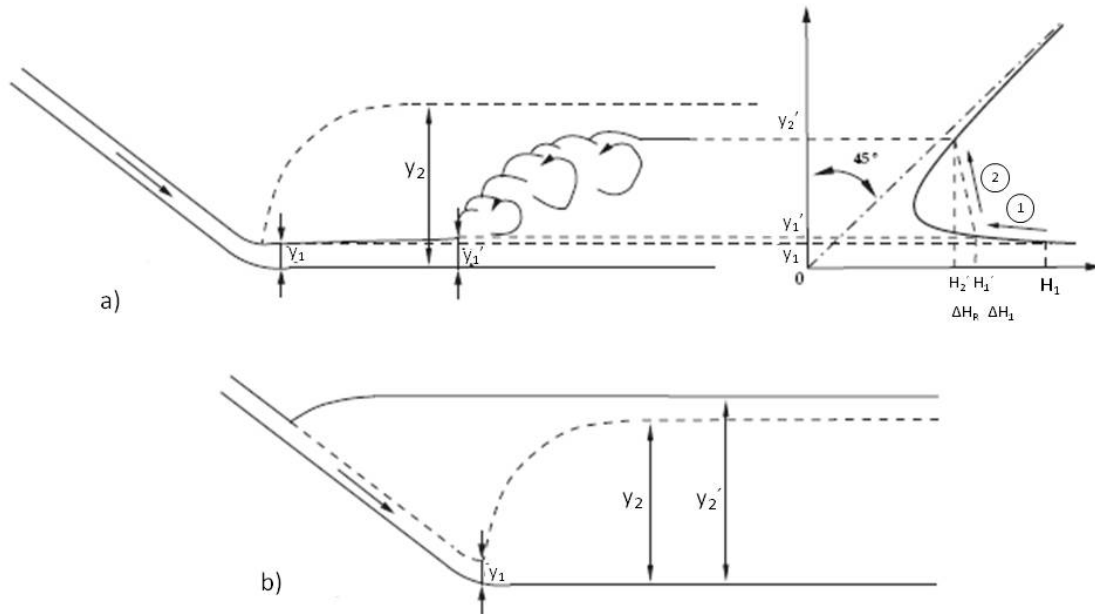


Figura 2.5. Análisis de la posición del resalto hidráulico. (Márquez Santiago, 2006).

2.3.6. Longitud del resalto.

Aunque la longitud de un resalto es un parámetro muy importante en el diseño, ésta no puede establecerse a partir de consideraciones teóricas; los resultados de algunas investigaciones experimentales han resultado contradictorios.

La longitud del resalto hidráulico se define como la distancia entre la cara frontal del inicio del resalto, hasta un punto inmediato donde finaliza el resalto hidráulico. Esta longitud se ha determinado en base a las alturas, antes y después del resalto. En el análisis de resaltos hidráulicos en canales con pendiente apreciable, es muy importante considerar la componente del peso en la dirección del movimiento. Las ecuaciones desarrolladas para el cálculo de la longitud no toman en cuenta esta condición.

La longitud de un resalto L_r sólo es posible calcularla de forma experimental (Figura 2.6), es habitual considerarla del orden de (Senturk, 1994):

$$L_r \approx 6y_2 \quad (2.8)$$

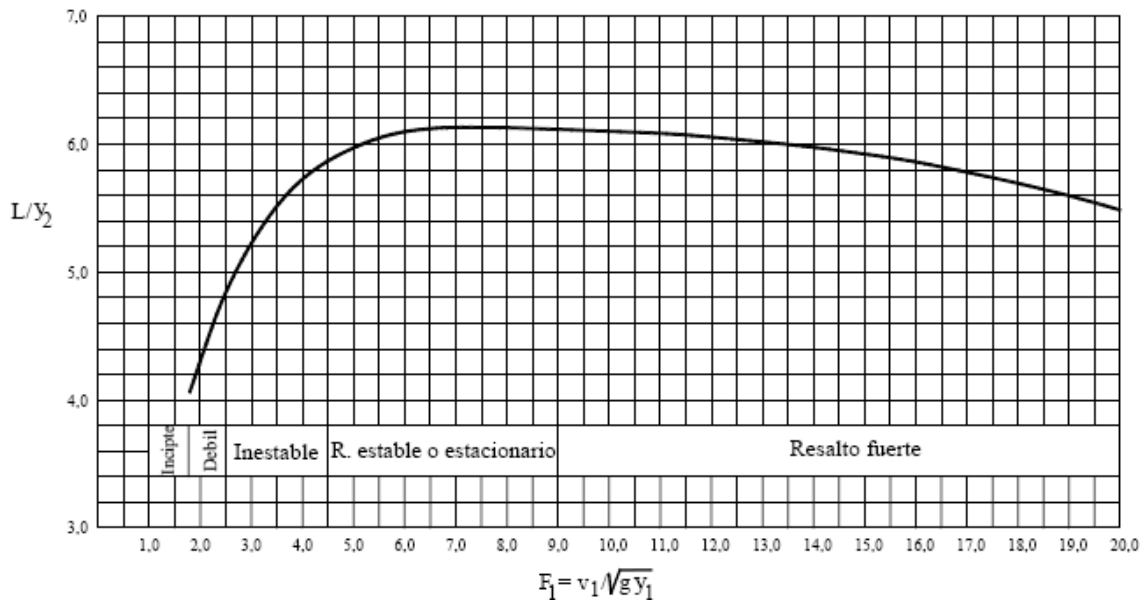


Figura 2.6. Longitud del resalto hidráulico en función del número de Froude.
(Martínez O. Eduardo, 2011).

Yufeng WU (2011) propuso una fórmula para la obtención de la longitud del resalto hidráulico en canales con ampliación progresiva. Se basó en las principales características de los resaltos hidráulicos ocurridos en la expansión de los canales. Por lo que teniendo en cuenta la influencia que esta condición provoca en el resalto, además de considerar la ampliación del ángulo de expansión junto con la combinación de la ecuación de continuidad, se consigue un nuevo método para calcular la longitud de expansión del resalto hidráulico. Es importante señalar que la fórmula obtenida para el cálculo de dicha longitud es semi-empírica, pero que puede satisfacer las necesidades de diseño de un cierto grado.

2.4. Resalto sumergido o anegado.

Como ya se mencionó anteriormente, este resalto se presenta cuando el calado en la zona de reintegro es mayor que el conjugado mayor correspondiente al calado al pie de la rápida. El resalto sumergido está condicionado por el número de Froude (F_1) y se define como factor de sumergencia S a:

$$S = \frac{y_2' - y_2}{y_2} \quad (2.9)$$

El conocimiento que se tiene sobre las características del flujo turbulento en resaltos (especialmente en resaltos sumergidos) en soleras rugosas es deficiente.

Subhasish Dey y Arindam Sarkar (2008), investigaron el efecto de la rugosidad de la rápida con las características del flujo en resaltos sumergidos, proporcionando un conjunto de datos

integrales, abordando las cuestiones importantes relacionadas con el aumento del flujo y la turbulencia. La tasa de disminución de la velocidad del chorro sumergido aumenta con el aumento de la rugosidad de la rápida.

Chen Jian-Gang et al, (2010), llevaron a cabo una simulación numérica en 3-D para el flujo de agua en un cuenco amortiguador de chorro sumergido mediante el uso de dos modelos de diferente turbulencia. Los resultados de las simulaciones numéricas demostraron que la distribución de energía cinética turbulenta obtenida mediante el modelo de mezcla turbulenta, cubre una región de aproximadamente un 18% mayor en comparación con el calculado mediante el modelo de turbulencia VOF, y está en mejor acuerdo con la situación real. Concluyeron que el modelo de mezcla turbulenta es mejor que el modelo de turbulencia VOF para el cálculo de la entrada de aire.

Adicionalmente a lo anterior, dichos investigadores (Chen Jian-Gang et al, 2010), llevaron a cabo una serie de experimentos sobre los cuencos disipadores de chorro sumergido horizontal con la finalidad de obtener los efectos de escala que se producen en el flujo aire-agua aplicado a los cuencos disipadores antes mencionados, obteniendo lo siguiente: hay que tener en cuenta los efectos de escala, debido a la compleja estructura del vórtice y a la fuerte entrada de aire en el cuenco amortiguador. La investigación se estableció principalmente en la medición y análisis del tiempo promedio de la distribución de la presión, la profundidad del agua y la velocidad de cierre en la solera del cuenco amortiguador con chorro sumergido multi-horizontal. Los resultados de los experimentos muestran que la escala del modelo, tiene un ligero efecto en el tiempo promedio sobre las características hidráulicas de dicho cuenco amortiguador. Cuanto mayor es la escala del modelo, mayor es la concentración de aire requerida en éste. Se indica que los resultados de las pruebas realizadas en relación con la disipación de energía se ve una ligera variación (de entre un 0.55% a un 2.50%) entre las escalas de diferentes modelos, lo que significa que el efecto de escala en relación con la disipación de energía no es significativo.

2.5. Resalto forzado.

El resalto forzado se presenta cuando el flujo supercrítico golpea contra algún obstáculo o elemento disipador, obligando que allí se presente el cambio de régimen. Al llevar a cabo el diseño de los cuencos amortiguadores es de esencial importancia garantizar, que para todo rango de caudales, el resalto se ubique dentro del cuenco.

El reintegro del agua al río, tiene una misión complementaria y contraria a la toma: devolver al río el caudal derivado por ésta. Pero así como en la toma el ingreso se hace en un régimen tranquilo la obra de reintegro recibe el agua de la conducción con gran velocidad y energía

que hay que amortiguar en lo posible para que no produzca erosiones perjudiciales al cauce y a la propia obra de restitución o, acaso, a la misma presa.

El efecto que tienen los distintos elementos disipadores sobre el resalto hidráulico ha sido estudiado tanto teórica como experimentalmente. Los estudios se han basado en incluir en la ecuación de cantidad de movimiento el término asociado a la fuerza ejercida sobre el flujo por los distintos elementos componentes del disipador de energía.

De lo anterior y por proponer algún ejemplo de lo antes comentado, se presentan algunas investigaciones llevadas a cabo. Harleman (citado por Hager, 1992) desarrolló una expresión, en términos de la fuerza ejercida sobre los bloques amortiguadores, para calcular la reducción del conjugado mayor respecto al del resalto clásico.

Chanson (1994) describió el mecanismo de disipación de energía en el caso de la lámina de agua y el flujo aireado. Él encontró que la disipación de energía relativa es una función de la profundidad de flujo uniforme, la profundidad crítica sobre la rápida, la altura de la rápida, y la pendiente de la solera.

Stefano Pagliara, Rajib Das y Michele Palermo (2008), llevaron a cabo una evaluación de la disipación de energía en rápidas con bloques a diferentes condiciones de inmersión, dicho estudio demostró que la pérdida de energía relativa y la variación de la ubicación de salto hidráulico en la rápida, esta esencialmente en función de la escala de la rugosidad, la pendiente de la rápida, la relación entre la profundidad del agua crítica y la altura de la rápida y la relación entre la longitud de la rápida y la menor duración en condiciones de inmersión. Propusieron una ecuación para evaluar la disipación de energía relativa, la cual sólo es válida para los siguientes rangos: $0 < L/L_T < 0.7$, $0.1 < k/H < 1.2$, la pendiente de la rápida que varían entre 1V:8H y 1V:4H y la condición de rugosidad de SR, IR y LR.

$$\Delta E_{r2} = A + (1 - A)e^{(B)k/H} \quad (2.10)$$

donde:

- A y B = parámetros en función de las condiciones de rugosidad de la escala en la rápida.
- K = profundidad del flujo crítico.
- H = altura de la rápida.
- L = distancia horizontal al inicio del resalto hidráulico en la rápida.
- L_T = longitud horizontal de la rápida.
- SR = rugosidad de escala pequeña.
- IR = rugosidad de escala intermedia.

LR = rugosidad de escala grande.

La presencia de cualquier elemento disipador modifica la ecuación de cantidad de movimiento que debe incluir el término correspondiente a la fuerza ejercida sobre el flujo por dicho elemento. Por lo que para el caso de un canal rectangular, la ecuación modificada es la siguiente:

$$\frac{q^2}{g y_1} + \frac{y_1^2}{2} = \frac{q^2}{g y_2} + \frac{y_2^2}{2} \pm \frac{P_d}{\gamma b} \quad (2.11)$$

Donde es difícil evaluar la fuerza P_d , cuyo signo depende del tipo de elemento disipador que se incluye en el cuerpo, por lo que se hace necesario plantear alguna hipótesis sobre la distribución de presiones que se presenta sobre la cara del elemento disipador. Lo más sencillo es suponerla hidrostática y entonces para un elemento continuo de altura s , la fuerza P_d ejercida sobre el flujo es:

$$P_d = \frac{1}{2} \gamma b s (2y_D - s) \quad (2.12)$$

donde:

y_D = calado medido desde la cara superior del elemento disipador.

De lo anterior se concluye que el valor de y_D y por lo tanto el valor de P_d dependen de resultados experimentales.

El Amri, A y Verrette, JL. (2007), llevaron a cabo un estudio en relación a las variaciones de los esfuerzos hidrodinámicos horizontales y la erosión en la base de un disipador de energía aguas abajo, cuyo objetivo principal fue el de demostrar el mejor dimensionamiento de los elementos que constituyen el cuenco amortiguador del aliviadero aguas abajo de las presas de gravedad, esto debido al arrastre que se tiene de sólidos por parte de los mismos.

2.6. Elementos disipadores más usuales.

El amortiguamiento de la energía puede conseguirse de dos formas: creando un cuenco amortiguador y por medio de un trampolín lanzador.

Muchos investigadores han ensayado con distintos tipos y formas de elementos disipadores buscando aquellos con los que se disipe la mayor cantidad de energía sin que se tenga problemas de funcionamiento por presencia de fenómenos no deseables como la cavitación,

erosión y/o socavación. Entre los elementos disipadores más usados y recomendados se encuentran los de umbral continuo, bloques amortiguadores, caída vertical y trampolín sumergido.

2.6.1. Umbral continuo.

Este elemento se coloca en forma perpendicular a la dirección del flujo. La fuerza ejercida por el flujo sobre el umbral, por unidad de ancho, es función de y_1 , U_1 , s_U , L_U , y_2' , ρ , g ; y se expresa de la siguiente forma:

$$P = C_{dU} \frac{\rho U_1^2}{2} s_U \quad (2.13)$$

donde

- C_{dU} = coeficiente de arrastre.
- y_1 = calado en el resalto hidráulico.
- U_1 = velocidad en la zona de reintegro.
- s_U = altura del umbral.
- L_U = distancia entre el pie de resalto y el umbral.
- y_2' = calado en la zona de reintegro.
- ρ = densidad del agua.
- g = aceleración de la gravedad.

Si la fuerza arriba definida se introduce en la ecuación de cantidad de movimiento, aplicada entre la sección inicial y la sección en la zona de reintegro al cauce, ésta resulta:

$$\frac{\gamma y_1^2}{2} - P - \frac{\gamma y_2^2}{2} = \frac{\gamma q}{g} \left(\frac{q}{y_2} - \frac{q}{y_1} \right) \quad (2.14)$$

despejando C_{dU} y simplificando, se tiene:

$$C_{dU} = \frac{(\alpha_U - 1) [2F_1^2 - \alpha_U (\alpha_U + 1)]}{F_1^2 \alpha_U S_U} \quad (2.15)$$

donde

$$\alpha_U = \frac{y_2}{y_1}$$

$$S_U = s_U / y_1$$

Rajaratnam (1967), concluyó que mediante un análisis dimensional y algunos resultados experimentales, el valor de C_{dU} obtenido de la ecuación anterior sólo es función de L_U/L_t^* . El valor de C_{dU} es mayor cuanto más cercano se encuentre el umbral al pie del resalto, y permanece prácticamente constante a partir de $L_U/L_t^* = 1.3$.

2.6.2. Bloques amortiguadores.

Ahmad Z. et al, (2009), investigaron el rendimiento de disipación de energía en las rápidas de bloques de roca de diferentes medidas, y los resultados experimentales arrojaron que las rápidas de bloques podrían ser utilizadas como disipadores de energía en aplicaciones de ingeniería fluvial. Asumen que el efecto de los números de Froude y Reynolds pueden ser no considerados.

Para el caso de los bloques sumergidos, la fuerza ejercida por el flujo sobre un elemento disipador de energía depende no sólo del coeficiente de arrastre sino también de un parámetro de espaciamiento entre bloques (η_e).

$$P = C_{dB} \frac{\rho U_1^2}{2} s_B \times \eta_e \quad (2.16)$$

donde

- C_{dB} = coeficiente de arrastre correspondiente a bloques amortiguadores.
- U_1 = velocidad en la zona de reintegro.
- s_B = altura de los bloques.
- L_U = distancia entre el pie de resalto y el umbral.
- ρ = densidad del agua.

A partir de la ecuación de la cantidad de movimiento se puede demostrar que el parámetro η_e es:

$$\eta_e = \frac{(\alpha_B - 1)[2F_1^2 - \alpha_B(\alpha_B + 1)]}{F_1^2 \alpha_B S_B C_{dB}} \quad (2.17)$$

donde:

$$\alpha_B = y_2 / y_1$$

El valor de η_e varía en función del cociente de la altura de los bloques respecto a su espaciamiento, siendo la η_e máxima igual a 1.375 para $s_B/e_B = 1.20$, lo que implica que este es el espaciamiento óptimo entre bloques amortiguadores.

2.6.3. Caída vertical.

Las estructuras de caída se utilizan comúnmente para el control de flujo y la disipación de energía. Éstas se logran con un cambio en la pendiente del canal de fuerte a suave, mediante la colocación de unas estructuras de caída en intervalos a lo largo de la rápida. En lugar de reducir la velocidad y la transferencia de una alta erosión producida por la velocidad en una no erosiva por baja velocidad, la caída de pendiente en las estructuras de control del canal favorece de tal manera que nunca a altas velocidades se desarrollara erosión. (Figuras 2.7 – 2.8).

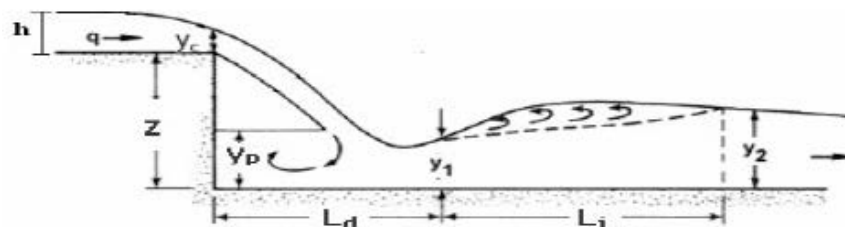


Figura 2.7. Estructura del canal con caída vertical.

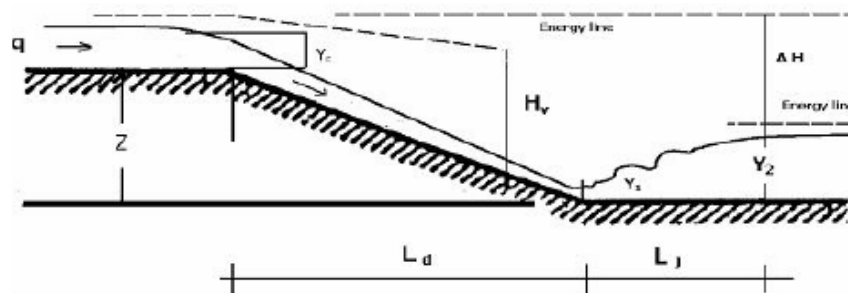


Figura 2.8. Estructura de caída con pendiente.

Existen dos clasificaciones de las condiciones hidráulicas en la estructura de caída: bajo flujo y alto flujo (Iwao, 1991).

El número de caída dependen de dos variables: la caída de agua (Z) y el caudal específico (q).

Shatirah Akib y Mohammad Sholichin (2010), llevaron a cabo una investigación destinada a la obtención del número de caída idónea (D) y a calcular el resalto hidráulico utilizando el número de caída. El objetivo de su investigación era el de obtener la efectividad de la

aplicación de la D en desnivel y de las estructuras de caída con pendiente, así como también desarrollar un modelo de ecuación para las estructuras de caída con pendiente.

Entre otras conclusiones que se obtuvieron en relación con su investigación realizada, se tiene que la utilización del número de caída en estructuras de caída vertical era apropiado para las condiciones de resalto hidráulico débil oscilatorio (de transición) (en el rango de números de Froude con valores de $1.70 < F_1 < 4.5$) y en el rango de $0.1 < y_c/z < 0.6$, con la gama de un caudal específico de entre $30 \text{ cm}^3/\text{s}/\text{m} < q < 120 \text{ cm}^3/\text{s}/\text{m}$. Se obtiene la longitud del salto hidráulico (L_j) con un valor del error relativo de aproximadamente entre 5 - 8%.

$$D = \frac{q^2}{g Z^3} \quad (2.18)$$

$$\frac{L_d}{z} = 4.30 D^{0.27} \quad (2.19)$$

$$L_j = 6.90(y_2 - y_1) \quad (2.20)$$

$$\frac{y_1}{z} = 0.54 D^{0.425} \quad (2.21)$$

$$\frac{y_2}{z} = 1.66 D^{0.27} \quad (2.22)$$

donde:

- D = número de caída.
- q = caudal específico.
- Z = caída del agua.
- g = aceleración de la gravedad.
- L_d = longitud de caída.
- L_j = longitud del resalto hidráulico.
- y_1 = calado aguas arriba.
- y_2 = calado aguas abajo.
- h = profundidad del agua en la estructura de caída superior.
- y_c = calado crítico.
- v_1 = velocidad media aguas arriba.

2.6.4. Trampolines sumergidos.

Cuando la velocidad de despegue es grande y es imposible la aplicación de los cuencos de amortiguación, los trampolines sumergidos son un elemento estándar de los aliviaderos de presas para una disipación eficiente de la energía.

Si bien el cuenco amortiguador es la solución más común al pie de las presas vertedero, el lanzamiento en trampolín es más propio de los aliviaderos separados de la presa.

Los trampolines sumergidos deben producir un flujo de aire-agua con un potencial mínimo de socavación en el cuenco. Si el espesor del chorro es demasiado grande, la distancia de proyección muy corta, o el ángulo de impacto demasiado fuerte, entonces el cuenco puede llegar a ser demasiado profundo.

La tipología respecto al lanzamiento en trampolín es:

- a) Trampolín semisumergido liso y
- b) Trampolín semisumergido dentado.

En el caso del trampolín sumergido, éste se lleva a cabo con la utilización de los trampolines, en el que su funcionamiento es utilizar la energía cinética de la corriente para lanzarla a distancia y alejar la erosión. Por eso su elemento esencial es una rápida que proporciona un ángulo de lanzamiento adecuado para que la trayectoria parabólica resultante de la inercia del agua y de la gravedad alcance la máxima distancia entre el borde del lanzamiento y la zona de caída.

Los trampolines sumergidos se usan para dirigir la lámina con la inclinación conveniente para ayudar al resalto o para evitar la erosión aguas abajo del cuenco. Para darle una mayor eficacia a éstos, se coloca dientes en vez de trampolín.

El trampolín sumergido es bastante usual al final de la obra del cuenco (figura 2.9). Si el trampolín se remata con el bisel en ángulo recto que se ve en la figura, se forma aguas abajo y en la parte inferior a la lámina de salida un remolino de eje horizontal cuyo sentido de giro es tal que su parte inferior va hacia la presa. Esto es favorable a la estabilidad del lecho del cauce aguas abajo, pues las partículas erosionadas no son arrastradas por la corriente, sino aportadas de nuevo por el remolino hacia el borde del trampolín.

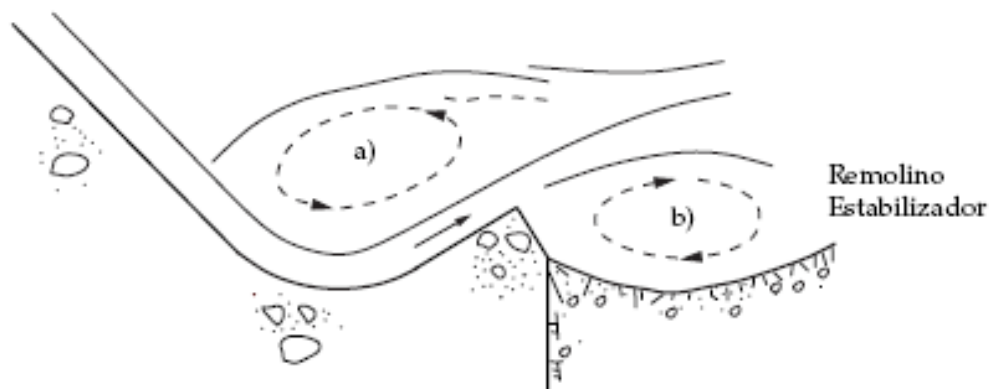


Figura 2.9. Trampolín sumergido. (Márquez Santiago, 2006).

Los trampolines sumergidos permiten la creación de remolinos y en algunos casos del resalto hidráulico prescindiendo de un cuenco en su forma completa. Obviamente el uso de este tipo de estructura depende en gran medida del suelo o roca subyacente, ya que una parte de la turbulencia se desarrolla en el cauce. El Bureau of Reclamation propone dos diseños tipo para esta clase de disipadores (Peterkar, A. J., Bureau of Reclamation, 1964). Según esta agencia su uso es aconsejado cuando el calado del agua de la descarga es demasiado grande para la formación del resalto hidráulico (resalto libre).

Para fines prácticos y de estudio del presente trabajo, se analizará únicamente los elementos disipadores de energía correspondientes al cuenco amortiguador sin considerar lo relacionado con el lanzamiento en trampolín ni con los trampolines sumergidos.

CAPÍTULO 3. CUENCO AMORTIGUADOR COMO ELEMENTO DISIPADOR DE ENERGÍA.

3.1. Introducción.

El cuenco amortiguador es la solución más común al pie de las presas vertedero, para contener el resalto provocado por el cambio brusco de pendiente. Con frecuencia, si las condiciones hidráulicas lo permiten, dentro del cuenco se colocan elementos disipadores que acortan su longitud e incrementan la disipación de energía y la estabilidad del resalto. El objetivo principal perseguido con el uso de los elementos disipadores es reducir la longitud del cuenco amortiguador simple garantizando un funcionamiento correcto.

Los cuencos amortiguadores son solamente una de las variadas estructuras de disipación de energía hidráulica, entendiendo por disipación la transformación de la energía hidráulica en otras formas sin valor en este caso, como lo son el calor y el sonido. De hecho, si vemos el origen de este vocablo encontraremos que proviene de latín *dissipare*, significando desparramar o aniquilar. Sabemos que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. Sin embargo, para el presente caso, bien podemos decir que esta energía se pierde, el resultado de su transformación deja de tener utilidad, que es justamente lo que se busca.

El resalto hidráulico, como se ha visto, es un fenómeno violento, en el que intervienen grandes velocidades y presiones; a consecuencia de ello se suma el efecto de la cavitación. Como tal, requiere entonces una adecuada estructura que confine estos efectos a una zona perfectamente delimitada, donde el proceso se dé claramente, con la máxima eficiencia y seguridad. Hablamos entonces de lo que hemos denominado buen resalto o resalto vivo. En él la diferencia de calados es clara, la eficiencia es mayor al 50% de pérdida de energía y su posición puede controlarse razonablemente.

Para este objetivo se diseña una estructura amortiguadora, dando a entender un efecto de amortiguación de la capacidad erosiva del agua entregada por la rápida posterior al vertedero. Otro punto de vista de su función viene de la interpretación del término anglosajón *stilling basin* o cuenco "aquietador", mostrando así la capacidad de la estructura de entregar aguas mansas a la restitución.

El estudio del cuenco amortiguador desde el punto de vista hidráulico es un tema analizado en gran cantidad de publicaciones tanto desde el punto de vista teórico con ensayos en modelo reducido y por supuesto a escala real en gran cantidad de presas.

Los disipadores de energía al pie de la rápida deben operar en forma segura o efectiva para un amplio rango de caudales, durante largos periodos sin que requieran reparaciones correctivas

de emergencia. Como se ha visto ya, estas estructuras pueden ser, además de un cuenco amortiguador, un trampolín de lanzamiento o semisumergido. En un cuenco pueden presentarse todos los tipos de resalto, ya que éstos dependen del caudal y del calado en la zona de reintegro. Como ya se dijo, debe evitarse la presencia del resalto oscilante al pie de la rápida. Conforme aumenta F_1 , el comportamiento del resalto se vuelve más sensible al calado en la zona de reintegro. De hecho, como ya se mencionó, para $F_1 \geq 8$ se recomienda que el calado en la zona de reintegro al cauce (y_2') sea siempre mayor que el calado del resalto hidráulico (y_2) y así asegurar que el resalto se forma en el cuenco. Si $F_1 > 10$ puede ser que el cuenco amortiguador no sea el dispositivo más económico para conseguir la disipación de la energía en el agua, por lo que conviene plantear la opción de usar un trampolín, siempre que las condiciones topográficas y geológicas de la cerrada lo permitan.

Cuando las variables de un proyecto dado, tales como la altura de la presa, caudal específico, velocidad al inicio del cuenco, quedan fuera del rango permisible para utilizar con garantía de seguridad los cuencos tipificados, definidos a continuación, es necesario hacer un diseño particular. Para hacer esto se puede recurrir a la combinación de distintos elementos disipadores.

En el presente trabajo se abordará tanto el diseño como su correcta aplicación de este tipo de estructuras, apelando a los conocimientos físicos previos y a las experiencias específicamente desarrolladas por diferentes grupos en cuanto a los cuencos amortiguadores.

3.2. Efectos directos e indirectos provocados por las altas velocidades.

Es frecuente que se presenten problemas de funcionamiento en las estructuras de disipación de energía y en el cauce de reintegro inmediatamente aguas abajo de éstas. Las velocidades del agua en el aliviadero han de ser intrínsecamente elevadas para reducir en lo posible las secciones. Aun así, las obras son costosas y alcanzan en algunos casos dimensiones colosales, pero con velocidades normales podrían llegar a ser de extrema dificultad o imposibilidad práctica y económica. En contrapartida, las altas velocidades dan lugar a problemas muy serios, aunque con el alivio del funcionamiento esporádico y de breve duración del aliviadero, que limita los desperfectos y permite repararlos durante los normalmente largos períodos de inactividad. Estos lapsos tranquilos pueden ser de años, pero los problemas se agravan en los aliviaderos que han de funcionar con relativa frecuencia o continuidad.

La alta velocidad involucra una elevada energía cinética que debe disiparse de forma más o menos controlada en el tramo donde se encuentra el cuenco amortiguador. El agua con alta velocidad produce una serie de efectos directos e indirectos de erosión, presiones y arrastre de aire, que de entre los que más influyen sobre el diseño de una estructura disipadora de energía son:

- Arrastre del aire por fricción: emulsión, con el consiguiente incremento de la sección mojada y la necesidad de asegurar la reposición del aire arrastrado en las secciones cerradas (túneles).
- Fricción en el contacto con el hormigón: pérdida de carga favorable a los efectos de amortiguamiento de energía sobrante, pero a costa de disipar esa energía en desgaste del hormigón.
- Abrasión (en el cuenco), debida al rozamiento de partículas sólidas y duras arrastradas por el agua y que se suma a la fricción de ésta. Para evitar la permanencia de sólidos dentro de un cuenco, éste debe ser autoevacuante, pero al mismo tiempo se deben provocar remolinos aportadores de material sólido al pie del cuenco, evitando un posible descalce.
- Erosión y socavación (aguas abajo del cuenco), en donde influye la granulometría del cauce, la condiciones en la zona de reintegro y las características hidráulicas del flujo. Información adicional con respecto a este efecto se abundará con más profundidad en el Capítulo 2.
- Cavitación (en la rápida y el cuenco), originada por depresiones, que genera fenómenos físico-químicos que pueden deteriorar el hormigón con cierta rapidez.

En lo que respecta a los alcances del presente trabajo y con la finalidad de abarcar los objetivos planeados, uno de los efectos más importantes mencionados es el de la cavitación, el cual se analiza a continuación.

3.2.1. Cavitación.

A principios del siglo XX ya se habían observado importantes daños erosivos de esta naturaleza en ciertas máquinas e instalaciones hidráulicas. El uso de turbinas en la propulsión de embarcaciones y el consiguiente incremento de la velocidad de las hélices motivó que los ingenieros navales detectaran pérdidas en la eficiencia y destrucción de materiales componentes de dichos elementos. Poco tiempo después, el progresivo aumento de la velocidad de rotación de bombas y turbinas hidráulicas determinó que ese fenómeno pasara a tener singular interés en el campo de las máquinas hidráulicas. Finalmente, con el diseño y construcción de obras hidráulicas de grandes dimensiones sometidas a altas velocidades y fuertes fluctuaciones de presión, el tema se ha expandido de modo considerable dentro del ámbito de la ingeniería hidráulica.

No obstante, hoy es imposible dar una explicación completa e inobjetable del mecanismo de erosión por cavitación, subsistiendo aún varias controversias sobre ciertos procesos involucrados.

Cuando un líquido escurre en una región donde la presión es menor que su tensión de vapor se forman espontáneamente burbujas en su seno. Las burbujas de vapor son arrastradas por el líquido en movimiento hasta una zona donde la presión es más elevada. Allí las cavidades se hacen inestables y se condensan por un proceso mecánico-químico que da origen a una violenta implosión. Si las cavidades se forman en contacto con paredes sólidas, o en sus inmediatas proximidades, las implosiones generan esfuerzos muy elevados que pueden provocar la erosión de la superficie sólida. Este fenómeno de rotura está sistemáticamente acompañado de ruidos y vibraciones.

El daño por cavitación se produce cuando las burbujas de aire y vapor de agua son transportados a una zona de mayor presión donde tiene lugar una implosión. Esto resulta en elevadas presiones que, si ocurren cerca de la frontera rígida, pueden perforar el hormigón. Si esto sucede durante suficiente tiempo, las distancias de las perforaciones se trasladan incrementando su tamaño. Además, este daño favorece la existencia de una zona de baja presión donde se formarán nuevas burbujas que aumentarán el daño.

En términos estrictos, se denomina cavitación hidrodinámica ¹ a la formación de cavidades macroscópicas en el seno de un líquido a partir de núcleos gaseosos microscópicos, por efectos de una reducción de la presión en un punto del escurrimiento, capaz de alcanzar un valor crítico, para el que los núcleos se vuelven inestables y crecen espontáneamente (Canavelis, 1967). El contenido de la cavidad es vapor del propio líquido, gas o una mezcla de ambos componentes.

De lo anterior se desprende que la cavitación podrá usualmente estar presente en un escurrimiento líquido en correspondencia con los puntos de mínima presión. Cuando se trata de escurrimientos que contornean perfectamente los bordes sólidos y el umbral de cavitación aparece aguas arriba de la zona de separación de la capa límite, los núcleos gaseosos que atraviesan la región de presión inferior a la crítica crecen hasta alcanzar el estado de cavidades macroscópicas. Estas burbujas continúan siendo arrastradas por el flujo hacia regiones de mayor presión, donde se contraen nuevamente e implosionan. En un mecanismo de este tipo, la evolución de cada burbuja se encuentra limitada por el tiempo de pasaje, más o menos veloz, a través de la zona de baja presión.

¹ Con carácter general la cavitación puede producirse por otras causas: cavitación acústica, óptica y por partículas (Gutierrez Serret y Palma Villalón, 1994).

Cada burbuja guarda su individualidad a lo largo de todo el desarrollo del proceso, aunque el gran número de cavidades pueda dar el aspecto de una nube uniforme al tramo considerado. Así, si bien la cavitación nace en las zonas de presión inferior a la tensión de vapor del líquido, los daños que pueden apreciarse sobre la superficie sólida aparecerán aguas abajo, en regiones de presión más elevada.

Cuando el escurrimiento se separa del contorno sólido aparecen torbellinos en cuyos núcleos puede tener origen otro tipo de cavitación hidrodinámica, siempre que la presión allí sea suficientemente baja. La cavidad que se forma va adquiriendo un tamaño cada vez mayor hasta tomar el aspecto de un bolsón gaseoso, cuya posición no varía con el tiempo. Este tipo de cavidad sufre generalmente oscilaciones periódicas, correspondientes a una fase de llenado (con una contracorriente que la hace explotar) seguida de una nueva expansión. La turbulencia existente en las fronteras de la cavidad principal favorece el arrastre de pequeñas burbujas individuales hacia el punto de estancamiento. La presión relativamente elevada que reina en ese punto provoca un colapso de la burbuja en la inmediata proximidad de la pared.

Una tercera forma de desarrollo de la cavitación puede presentarse en los escurrimientos de elevada macroturbulencia, donde se producen severas fluctuaciones de presión, en general de gran amplitud y baja frecuencia. Este tipo de flujo es común en los disipadores de energía de obras hidráulicas, donde las fluctuaciones de presión inducidas por el resalto pueden dar lugar a la aparición de valores instantáneos suficientemente bajos como para incrementar seriamente los riesgos de cavitación, al alcanzar los rangos de la tensión de vapor del agua.

Las depresiones instantáneas debidas a pulsos de presión de baja frecuencia pueden incrementar seriamente los riesgos de cavitación en estructuras sometidas a escurrimientos macroturbulentos en general y en cuencos amortiguadores a resalto hidráulico en particular. Este fenómeno puede ocurrir a pesar de que los valores medios temporales de la presión se encuentren significativamente por encima de la tensión de vapor del líquido y aún superando la presión atmosférica (Lopardo, De Lío y Vernet, 1982). Resulta complejo predecir en esos casos la posibilidad o tendencia a la cavitación por medios que no sean experimentales, no existiendo recomendaciones o normas generales aplicables a cavitación en flujos macroturbulentos debido a que el coeficiente de cavitación convencional deja de ser representativo (Lopardo, 1990).

Los parámetros básicos a considerar en el fenómeno de la cavitación son la velocidad y el calado del flujo, la presión y sus fluctuaciones, la tensión de vapor del líquido y el grado de aeración del flujo. También influyen la forma y las características de resistencia del cuenco.

Índice de cavitación.

La cavitación se trata como un problema de “flujos de alta velocidad” y para su análisis técnico se utiliza como criterio de diseño el “índice de cavitación” σ , el cual nos sirve de un modo sencillo si en una determinada situación existe el riesgo de cavitación o no. se calculan en función de las características del flujo (presión y velocidad) y de la presión de vapor del líquido y se compara con un cierto valor crítico σ_c , el cual es obtenido de ensayos experimentales. Si σ es menor que σ_c habrá cavitación incipiente, mientras que si σ es mayor o igual que σ_c el escurrimiento está exento de cavitación.

De aquí que el número de cavitación o Thoma (σ) es derivado de la ecuación de energía, cuya expresión es la siguiente:

$$\sigma = \frac{(P_0 - P_v)}{(V^2/2g)} \quad (3.1)$$

donde

P_0 = presión absoluta en la solera (m).

P_v = presión de vapor (m).

V = velocidad del agua (m/s).

g = aceleración de la gravedad.

En un punto de referencia, situado aguas arriba y próximo al elemento de origen de la posible cavitación.

Para los cuencos amortiguadores, el valor crítico de σ que determina si se presentará el fenómeno es $\sigma_{cr} = 0.20 - 0.25$. Este valor no debe de tomarse como referencia absoluta y se recomienda quedar alejado de él al hacer el diseño de la obra.

Este índice de cavitación resulta inútil en el caso de flujos macroturbulentos, como los que se producen en cuencos amortiguadores a resalto hidráulico, donde se han detectado importantes daños debidos a cavitación para velocidades relativamente bajas y presiones medias temporales muy por encima de la tensión de vapor del líquido. Ello es debido a la imposibilidad práctica de contar con valores concretos del coeficiente crítico σ_c obtenidos de experiencias de laboratorio.

En los aliviaderos se han usado con éxito la aireación artificial del flujo para, de forma sencilla y relativamente económica, evitar daños por cavitación. En las zonas con riesgo de

cavitación ($\sigma < 0.20 - 0.25$) se colocan aireadores para que en la solera se alcance concentraciones de aire del 7 – 8% ².

3.3. Tipos de elementos disipadores.

Los elementos disipadores más usuales se agrupan de acuerdo a su tipo, de la siguiente forma:

- a) Geometría de fondo en alzado: escalón, bloques amortiguadores, dientes y/o umbral.
- b) Geometría de fondo en planta: cuencos divergentes mediante transición suave o brusca desde la llegada hasta la salida.
- c) Incremento de rugosidad en la solera: incluye elementos para aumentar las fuerzas cortantes, incrementando así la disipación de la energía.
- d) Variación de caudal: aumentarlo o disminuirlo localmente.

Para la selección del tipo de disipador se debe tener las siguientes consideraciones:

1. Energía de la corriente.
2. Economía y mantenimiento ya que éste eleva mucho el costo.
3. Condiciones del cauce aguas abajo (roca, suelo erosionable, etc.).
4. Ubicación de las vías de acceso, casa de máquinas, y demás estructuras hidráulicas ya que su seguridad no puede quedar comprometida.
5. Efecto de las subpresiones y del vapor de agua sobre las instalaciones.
6. Daños causados a la fauna y la flora por la erosión.
7. Proyectos y poblaciones aguas abajo.

Debido a que existe un gran número de investigaciones llevadas a cabo para el diseño y aplicación de la tipología de los elementos disipadores de energía anteriormente mencionados, a continuación sólo se dará una breve descripción de los mismos sin entrar a cuestiones de diseño.

3.3.1. Geometría de fondo en alzado.

Los elementos disipadores que se colocan sobre la solera del cuenco básicamente tienen dos objetivos, si se ubican en el tramo central del cuenco provocan la disipación de energía y si se disponen al final, desvían la corriente de fondo para evitar problemas por erosión en la zona de reintegro al cauce.

² Concentraciones de aire en el fondo (C_0) con la que se impiden daños en el hormigón para velocidades de 25 – 30 m/s e incluso superiores. La concentración de aire en el fondo se puede obtener con la expresión propuesta por Hager (Gutiérrez Serret y Palma Villalón, 1994).

$$C_0 = 1.25 \left[\left(\frac{\pi}{180} \right) \alpha \right]^3 \quad \text{si } 0^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \quad ; \quad C_0 = 0.65 \operatorname{sen} \alpha \quad \text{si } 40^\circ \leq \alpha \leq 80^\circ$$

donde α es el ángulo de inclinación de la rápida.

3.3.1.1. Escalones.

Se colocan con mayor frecuencia en el canal de descarga y disipan la energía por medio de impacto e incorporación de aire al agua. Estos ocupan todo el ancho del cuenco amortiguador y de forma perpendicular al flujo. Con él se consigue un cambio en la cota de la solera mediante un peralte vertical e inclinado. Es uno de los elementos disipadores más estudiados en función de su ubicación, de su participación en la disipación de energía o funciona como deflector, en la manera de desvío de las corrientes residuales del fondo y en la forma de limitar la erosión del lecho aguas abajo. En función de su ubicación generalmente señala el final del cuenco amortiguador pero en ocasiones suele ubicarse en una zona intermedia del mismo.

En relación al cálculo para el diseño de los escalones, éstos dependen de la ecuación de la cantidad de movimiento, incluyendo el término correspondiente a la fuerza ejercida por el escalón, en la cual se obtiene una relación entre la proporción de calados conjugados, la altura del escalón (respecto al calado de entrada) y el número de Froude de llegada (Figura 3.1).

Éste tipo de disipador de energía se subdivide en dos tipos correspondientes, los cuales son:

1. Escalón positivo (ascendente): La forma más sencilla de controlar un resalto hidráulico en el caso de poder fijar el nivel de solera en el canal de salida, consiste en crear un ascenso brusco de nivel. Éste ayuda a desviar el chorro de alta velocidad cercano a la solera y ejerce una fuerza adicional sobre el flujo que es proporcional a su peralte. La ubicación del escalón positivo se define como la distancia entre éste y el pie del resalto y junto con el número de Froude F_1 , influyen en la forma del resalto.
2. Escalón negativo (descendente): este elemento disipador se ubica en el cuenco amortiguador, ocupando todo su ancho y de forma perpendicular al flujo. Normalmente se utiliza cuando se presenta un resalto sumergido. Con él se consigue una disminución en la cota de la solera mediante un peralte vertical o inclinado. Que el peralte sea vertical o inclinado no influye sobre el tipo de resalto que se forma.

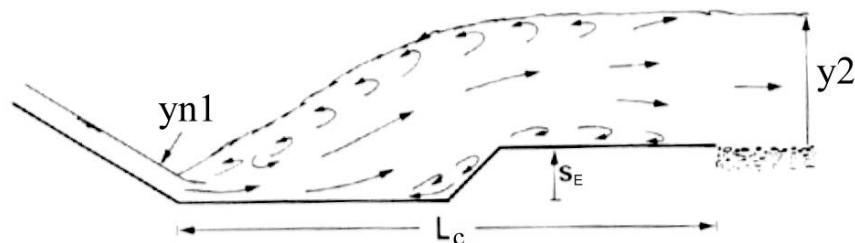


Figura 3.1. Escalón Positivo. (Fernández-Bono, J.F, et al., 2000).

3.3.1.2. Bloques amortiguadores de hormigón o baffles:

Se instalan en la solera del cuenco amortiguador para estabilizar el resalto suministrando una fuerza en el sentido de aguas arriba. Son elemento de impacto que ayudan en la disipación de energía al romper el chorro, obligando a que una parte del flujo pase entre ellos y otra por encima. También se instalan a lo largo del canal de descarga, intercalados, para hacer que el flujo tenga un recorrido más largo y curvado, disminuyendo su velocidad. Normalmente se ubican cerca del inicio del resalto (Figura 3.2).

Los resultados de los experimentos de Bradley y Peterka (citados por Hager, 1992) indican lo siguiente:

- La forma óptima de la cara frontal del bloque es vertical.
- El efecto de una segunda fila de bloques es insignificante comparado con el efecto disipador de la primera fila.
- Los efectos de cavitación aparecen para velocidades de llegada superiores a los 20 m/s. para evitar daños, deben redondearse los contornos de los bloques.

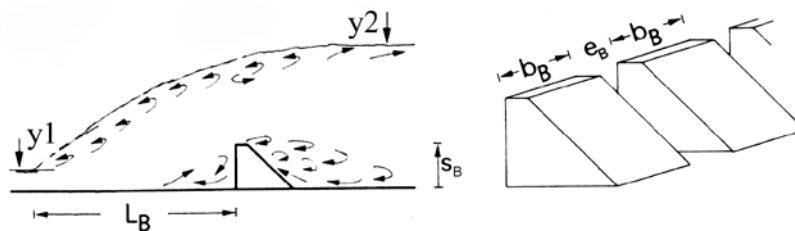


Figura 3.2. Bloques amortiguadores de hormigón o baffles. (Bradley y Peterka, citados por Hager, 1992).

3.3.1.3. Dientes o dados.

Se colocan a la entrada del cuenco amortiguador para dispersar el flujo. También se colocan en los vertederos y canales de descarga para disminuir la energía por medio de impacto. Cuando se colocan en la contraescarpa distribuyen el impacto en un área mayor. Por medio del uso de modelos reducidos se ha llegado a la conclusión que son muy eficaces para caudales pequeños pero para caudales grandes, el agua se subdivide con violencia y es lanzada en arco de gran altura y al caer provoca socavaciones en el terreno. Debe tenerse en cuenta las cargas adicionales sobre la estructura que transmiten los dados amortiguadores al vertedero, para que por mal diseño de estos no se comprometa la estabilidad de la presa (Figura 3.3).

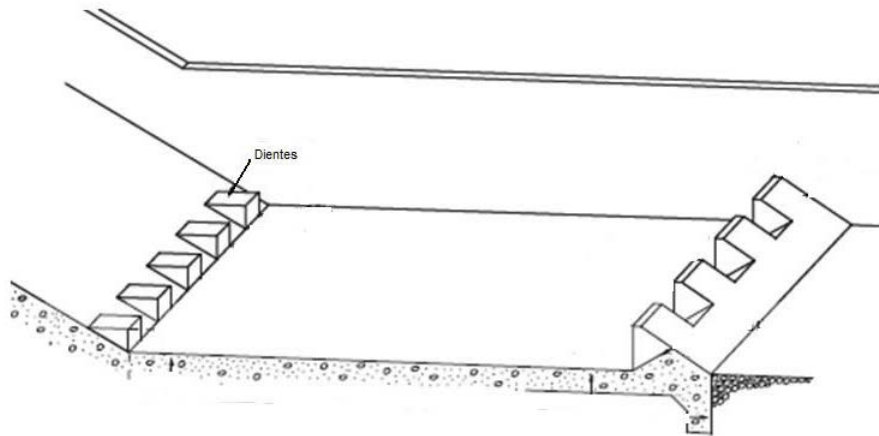


Figura 3.3. Dientes o dados. (Peterkar, A. J., 1964).

3.3.1.4. Umbral.

Son elementos continuos perpendiculares al flujo, puede ubicarse dentro o en el extremo inferior del cuenco amortiguador. Éste queda definido por requerimientos constructivos mientras que su altura y posición son fijadas por las condiciones de llegada del flujo y el calado en la zona de reintegro. La magnitud de éste está regida por la altura del umbral (s_u) y el tipo de desarrollo sobre él (Figura 3.4).

Se subdividen en:

1. Umbral intermedio: ubicados cerca del pie del resalto. Lo que se logra al utilizarlo es disminuir el calado necesario en la zona de reintegro, aumentar la eficiencia del resalto, modificar el patrón de flujo y disminuir la longitud de cuenco requerida.
2. Umbral terminal: es aquel que se usa para rematar el cuenco amortiguador, su función principal no es disipar energía, si no separar del lecho del cauce el flujo cuya velocidad residual, sobre todo en el fondo, puede ser alta. de esta forma se disminuye el riesgo de arrastre de material del lecho. Los hay de dos tipos, continuos y dentados.

El umbral continuo es más eficiente que el dentado para estabilizar el resalto hidráulico y para lograr la disipación de energía. La acción de un umbral continuo al desviar el flujo contribuye más a la disipación de energía y a la estabilidad del resalto que la acción cortante de un umbral dentado. Cuando $F_1 < 5$ el umbral dentado produce una acción deflectora considerable ya que el flujo pasa sobre él en vez de entre los huecos, y la eficiencia de los umbrales dentado y continuo es casi la misma.

Los escalones y los umbrales son elementos deflectores con los que puede mejorarse la eficiencia y la estabilidad de un resalto en un cuenco amortiguador.

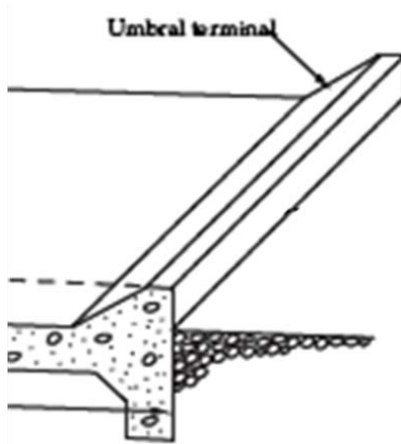


Figura 3.4. Umbral continuo. (Peterkar, A. J., 1964).

3.3.2. Geometría de fondo en planta.

3.3.2.1. Expansión.

La expansión del cuenco de amortiguación se utiliza ampliamente para disipar la energía cinética y disminuir la velocidad del flujo, que puede reducir el nivel aguas abajo, acortar su duración y reducir su umbral final en comparación con los del grupo de amortiguación de no-expansión. Antes de su construcción como un disipador de cinética, la longitud del resalto de expansión debe ser calculada.

Con frecuencia las cuestiones económicas o la longitud de vertido necesaria justifican que el cuenco sea más estrecho que la zona de reintegro al cauce. Esto implica una expansión gradual o brusca que repercute sobre la formación del resalto hidráulico.

3.3.2.1.1. Expansión brusca.

Esta situación se presenta cuando hay un aumento brusco en el ancho de la zona de reintegro respecto al cuenco, aunque esta situación puede presentarse cuando no se abren todas las compuertas de un aliviadero. En el caso de expansión brusca se ha visto que el flujo de llegada, cuyas características hidráulicas son velocidad y calado aguas arriba (U_1 y y_1), se expande de una forma definida por el caudal desalojado. En las esquinas al inicio de la expansión se crean zonas muertas donde el calado es casi nulo (Figura 3.5).

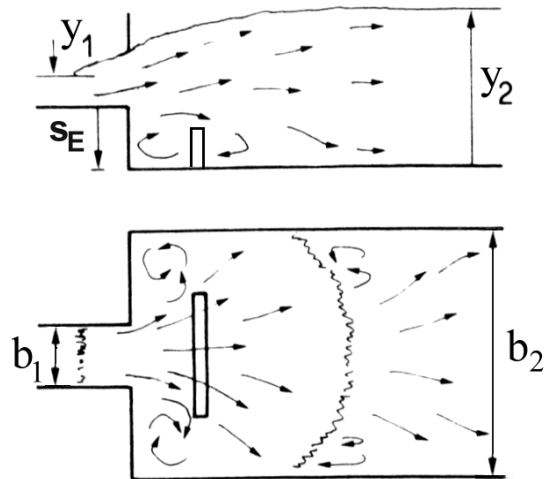


Figura 3.5. Expansión brusca. (Hager 1992).

Cuando el chorro ocupa todo el ancho del canal y choca contra los cajeros, se presentan dos puntos de reflexión; allí se generan dos ondas que se cruzan aguas abajo. Entre el punto de reflexión y el cruce de las ondas, se tiene tanto el flujo perturbado como no perturbado pero aguas abajo del mismo sólo hay flujo perturbado.

Dado el mal desempeño, este resalto es un disipador de energía inestable. Sin embargo, algunas investigaciones (Schröder, Unny, entre otros, citados por Hager 1992), han encontrado que la disipación de energía usando un resalto hidráulico con expansión es mayor que la lograda con el resalto hidráulico clásico.

3.3.2.1.2. Expansión gradual.

Los cuencos de amortiguación gradualmente divergentes son más atractivos para el diseñador, debido a su compatibilidad con una amplia gama de secciones aguas arriba y aguas abajo, además de tener una proporción pequeña en la relación entre la profundidad y longitud del resalto. Sin embargo, el resalto hidráulico en cuencos de este tipo, a menudo se encuentra con la inestabilidad y los problemas de flujo asimétrico.

La expansión gradual se presenta cuando hay un aumento gradual en el ancho del propio cuenco para facilitar la incorporación del flujo del cauce. Esto sucede por cuestiones económicas, topográficas y/o hidráulicas, la longitud de vertido no coincide con el ancho del cauce en la zona de reintegro al río (Figura 3.6).

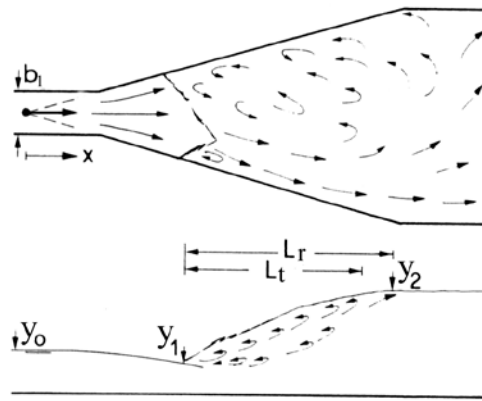


Figura 3.6. Expansión gradual. (Hager 1992).

Omid, M.H. et al, (2010), llevaron a cabo una serie de experimentos con la finalidad de mostrar el efecto que tiene la expansión del cuenco en la mejora de las características hidráulicas del resalto, incluyendo relación de profundidad, la longitud de resalto y el perfil de la superficie libre de un resalto en un cuenco donde se ha investigado la amortiguación gradualmente divergente.

Para ello, los cajeros con diferentes alturas y diferentes lugares de ubicación, fueron instalados en el cuenco amortiguador con ángulos divergentes de entre 3.5° y 9° . Utilizando números de Froude de un rango de entre 3.1 a 10.4.

Los resultados indican que en el umbral final se tienen un efecto insignificante en la profundidad del radio subsecuente, pero puede disminuir considerablemente la longitud del resalto hidráulico. También se concluyó que el umbral podría mejorar considerablemente las condiciones generales y las características de un resalto hidráulico de expansión y podría estabilizar la posición de este tipo de resalto.

Yufeng WU (2011), propuso una fórmula para la obtención de la longitud del resalto hidráulico en canales con ampliación progresiva. Todo esto basándose en las principales características de los resaltos hidráulicos ocurridos en la expansión de los canales.

Lo anterior tiene en cuenta la influencia en el que esta condición provoca en el resalto, además de considerar la ampliación del ángulo de expansión junto con la combinación de la ecuación de continuidad, se consigue un nuevo método para calcular la longitud de expansión del resalto hidráulico; al mismo tiempo, se considera la ecuación de momento y la fórmula empírica de la no ampliación del resalto hidráulico. Dicha fórmula es la siguiente:

$$L_r = \frac{21.6 \cdot \cos \theta b_1 y_1 (F_1 - 1)^{0.93} / \sqrt{1 + k \sin \theta}}{(b_1 + \sqrt{b_1^2 + 43.2 \sin \theta b_1 y_1 (F_1 - 1)^{0.93} / \sqrt{1 + k \sin \theta}})} \quad (3.2)$$

donde:

y_1 = calado inicial.

b_1 = ancho del canal.

θ = ángulo de expansión.

k = constante.

La longitud calculada por la fórmula presentada puede ser considerada como el valor promedio de la longitud real de la expansión de resalto hidráulico. Al mismo tiempo se tiene que, la influencia que pueda tener en el aumento de la longitud del resalto hidráulico causado por el aumento del ángulo de expansión es poca, lo anterior es posible si se considera un ángulo de expansión no más grande que un cierto valor (por ejemplo, $\theta > 45$), por lo que la aplicación de dicha fórmula debe de estar dentro de cierto rango.

Añadiendo a todo lo anteriormente dicho, es importante señalar que la fórmula obtenía para el cálculo de dicha longitud es semi-empírica, pero que puede satisfacer las necesidades de diseño de un cierto grado.

La ventaja de reducir la longitud del resalto y disminuir el calado en la zona de reintegro, lo que conlleva una reducción de costes, se contrapone a las malas características del flujo en canales tipo difusor. Para canales con transición suave se remienda usar bloques amortiguadores y para transición brusca un bloque amortiguador continuo centrado.

3.3.3. Incremento de rugosidad en la solera.

Al producirse resaltos hidráulicos sobre soleras rugosas, podría ocurrir una reducción significativa en la profundidad requerida aguas abajo y la longitud de los resaltos (Figura 3.7).

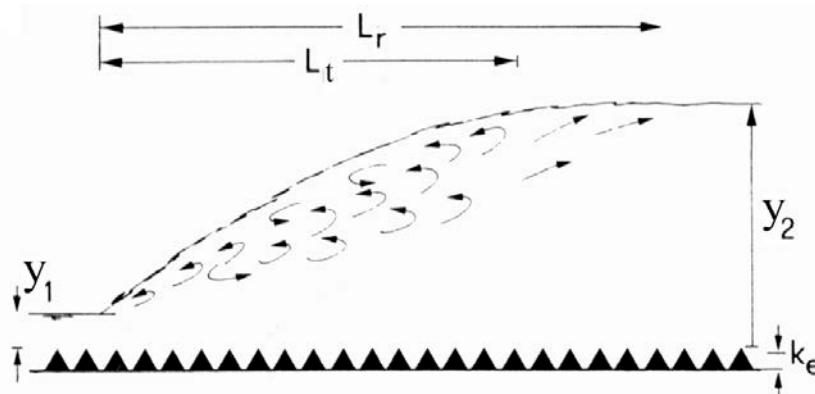


Figura 3.7. Rugosidad en la solera. (Hager 1992).

Una alternativa para controlar la formación del resalto es agregar elementos de rugosidad a la solera del cuenco. Quien primero realizó estudios sobre este tema fue Rajaratnam (1968) (citado por Leutheusser, 1975 y Hager, 1992).

Pero la principal preocupación con resaltos sobre soleras rugosas, es que los elementos de rugosidad que estén localizados en la parte aguas arriba de los resaltos pueden ser sometidos a la cavitación y una posible erosión. Es interesante observar que la longitud de los resaltos hidráulicos sobre soleras rugosas es aproximadamente la mitad a la de los resaltos hidráulicos clásicos.

La información relativa a los efectos de la rugosidad de la frontera en el resalto hidráulico es incompleta (Hughes y Flack, 1984; Rajaratnam, 2002; Carollo y Ferro, 2004a, b).

Rajaratnam et al, (2002), llevaron a cabo una investigación de laboratorio con resaltos hidráulicos que ocurren sobre soleras rugosas, cuyos resultados obtenidos se presentan con la esperanza de que esta idea pudiera ser útil para la disipación de energía de una amplia gama de estructuras hidráulicas.

Entre sus resultados obtenidos se tiene que, la relación y_2/y_1 de la profundidad aguas abajo a la profundidad supercrítica necesaria para formar un resalto hidráulico sobre soleras rugosas se observó, que para cualquier número de Froude, el resalto hidráulico producido es notablemente menor que el correspondiente resalto hidráulico sobre soleras lisas. Los resaltos sobre soleras rugosas son la mitad en comparación con resaltos sobre soleras lisas.

Vincenzo Pampalone et al, (2007), realizaron una investigación experimental del resalto hidráulico en soleras rugosas horizontales. Los experimentos se llevaron a cabo para estudiar el efecto de la rugosidad de la solera tanto en la relación de calados conjugados y la longitud del resalto. La investigación permitió una prueba positiva de la fiabilidad de una nueva solución de la ecuación de momento para la relación entre calados conjugados en función del número de Froude y la relación entre la rugosidad y la profundidad del flujo supercrítico aguas arriba. También se probó la aplicabilidad de algunas relaciones empíricas para la estimación de la longitud del cuenco.

3.3.4. Variación de caudal.

Este fenómeno se puede denominar también con el nombre de chorro incidente. Al hacerlo incidir sobre el flujo a alta velocidad se logra acortar la longitud del resalto y disminuir el calado en la zona de reintegro. Cuyas características son las siguientes: presentan una desintegración débil, alta relación de disipación de energía y un patrón estable del flujo. Debido a su estructura compleja de vórtice y a la fuerte entrada de aire en el cuenco

amortiguador, es difícil simular la estructura y la intensidad del vórtice por un método rutinario de prueba (Figura 3.8).

Las principales ventajas del chorro incidente son: al aplicar una fuerza externa al cuerpo del resalto hidráulico, aumentar la eficiencia del resalto, disminuir bastante la longitud del cuenco y reducir el calado necesario en la zona de reintegro para evitar el barrido del resalto. Otra ventaja es que se puede variar el caudal del chorro y no hay riesgo de que se presenten problemas por cavitación. Una desventaja que presenta este tipo de estructura es que para el caso de una obra ya construida, es una alternativa que implica mucha obra civil para acondicionarla.

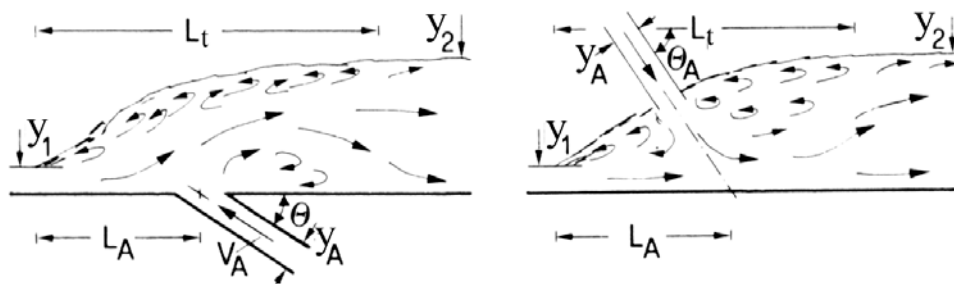


Figura 3.8. Variación de caudal. (Hager 1992).

Yang (1994), propone el uso de dispositivos deflectores, tipo trampolín de lanzamiento pequeño, ubicados ligeramente aguas abajo del labio del vertedor. Su idea es desviar entre un 30 y 50% del caudal de diseño que pasa sobre el aliviadero para hacerlo incidir directamente sobre la zona de mayor turbulencia del resalto hidráulico, que se forma con el flujo no desviado.

La conclusión a la que llega es que los resultados ayudados por un chorro, ya sea incidente o a contracorriente, pueden aumentar la eficiencia del cuenco y por lo tanto disminuir la longitud del mismo y además garantizar una correcta disipación de energía.

CAPÍTULO 4. CUENCOS AMORTIGUADORES TIPIFICADOS.

4.1. Introducción.

De lo expuesto anteriormente surge el valor de la utilización de diferentes tipos de dientes y umbrales, con la finalidad de crear estructuras obtenidas al incorporar a un cuenco sencillo éstos y otros distintos elementos disipadores a efectos de acortar y estabilizar el resalto. El uso de estos dispositivos ha sido sistematizado mediante estudios realizados por: el Saint Anthony Falls (SAF), el Bureau of Reclamation, Department of Interior U.S.A. (USBR), el Indian Standards Institution (ISI), el Instituto de Hidrotécnicas de Vedenev (VNIIG) y el U. S. Corps of Engineers (USCE). Estas agencias proponen cuencos tipificados según las características del resalto que se desee contener.

La forma del resalto y las características del flujo, pueden expresarse en función de la expresión $v^2/2g$ que referencia la energía cinética de la corriente que entra en el cuenco, del calado crítico y_c o del número de Froude.

Como se verá a continuación, éstos funcionan bien para ciertas combinaciones de caudal específico, altura de caída, velocidad y número de Froude.

La única limitación que hay que tomar para el diseño de este tipo de cuencos tipificados es el considerar que las distintas variables necesarias han de estar dentro del rango para el que están diseñados.

Normalmente no es necesario construir un modelo reducido para comprobar su buen funcionamiento. Para corroborar su funcionamiento, se han realizado extensas investigaciones experimentales al respecto.

A continuación se describen de forma genérica las consideraciones más importantes para cada una de las tipologías habituales de cuenco tipificado.

4.2. Cuenco tipo S.A.F.

Esta estructura puede considerarse la primera con un diseño generalizado. Fue desarrollada por el “Saint Anthony Falls” de Estados Unidos, en su laboratorio de hidráulica de la Universidad de Minnesota. Se diseñó para ser usada en obras de excedencia pequeñas, dispositivos de salida o caídas en canales, con números de Froude de $1.7 \leq F_I \leq 17$. Su diseño incluye el uso de dientes deflectores, bloques amortiguadores y umbral terminal continuo (Figuras 4.1 – 4.3).

Los dientes deflectores a la entrada del cuenco aumentan el calado de llegada y rompen el flujo de alta velocidad formando varios chorros de menor tamaño. El choque de agua con los bloques amortiguadores aumenta su turbulencia y por lo tanto la disipación de energía. El umbral terminal desvía la corriente de fondo hacia la superficie e induce un remolino en el fondo que deposita material del lecho en el extremo de agua abajo del cuenco con lo que se evita la socavación.

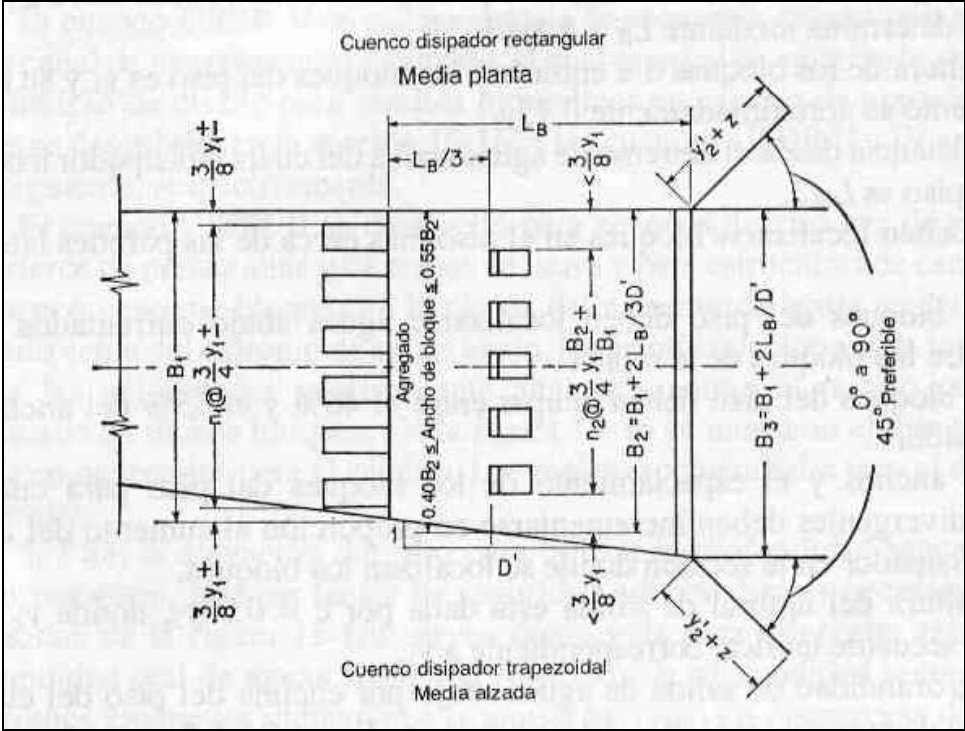


Figura 4.1. Cuenco tipo SAF, planta. (U.S. Soil Conservation Service).

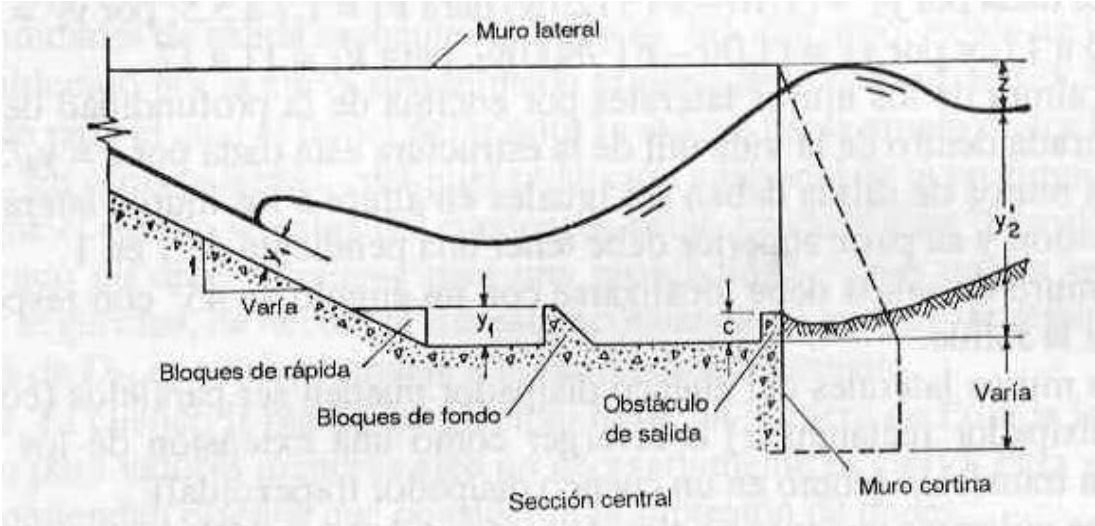


Figura 4.2. Cuenco tipo SAF, vista lateral. (U.S. Soil Conservation Service).

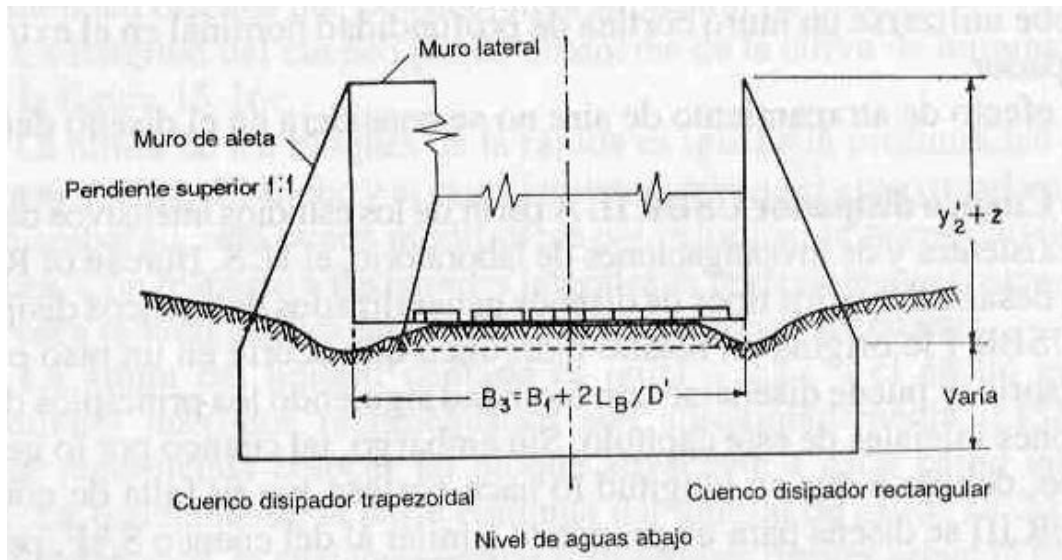


Figura 4.3. Cuenco tipo SAF, sección transversal. (U.S. Soil Conservation Service).

Características para el diseño.

La longitud del cuenco (L_c) se determina con la siguiente ecuación:

$$L_c = 4.5 \times y_2^* F_1^{-0.76} \quad F_1 < 12 \quad (4.1)$$

La altura de los dientes deflectores y de los bloques amortiguadores es y_1 , y su ancho y espaciamiento $0.75 y_1$.

$$s_B = s_D = y_1 \quad (4.2) \quad b_B = b_D = e_B = e_D = 0.75 y_1 \quad (4.3)$$

La distancia entre el inicio del cuenco y la cara frontal de los bloques amortiguadores debe ser un tercio de la longitud del cuenco.

$$L_B = \frac{L_c}{3} \quad (4.4)$$

La distancia mínima entre cajeros y bloques debe ser:

$$e_{Be} \geq 0.375 y_1 \quad (4.5)$$

Los bloques amortiguadores deben ocupar entre 40 y 55% del ancho del cuenco y se colocan al tresbolillo respecto a los dientes deflectores.

La altura del umbral terminal debe ser:

$$s_U = 0.07 y_2^* \quad (4.6)$$

El calado de reintegro al cauce, respecto a la solera del cuenco, necesario para evitar el barrido del resalto, será al menos:

$$y_2' = (1.10 - F_1^2/120) y_2^* \quad ; \quad 1.7 \leq F_1 \leq 5.5 \quad (4.7)$$

$$y_2' = 0.85 y_2^* \quad ; \quad 5.5 \leq F_1 \leq 11 \quad (4.8)$$

$$y_2' = (1 - F_1^2/800) y_2^* \quad ; \quad 11 \leq F_1 \leq 17 \quad (4.9)$$

La altura de los cajeros está en función del máximo y_2' esperado durante la vida de la obra y será de $(y_2' + y_2'/3)$, debido a la ebullición del flujo en la superficie.

Los cajeros finales divergentes tendrán la misma altura que los del cuenco, con talud 1:1 y formando un ángulo de 45° respecto a la dirección principal del flujo.

Los cajeros pueden ser paralelos o divergentes. En el último caso, para disminuir y_2' , el canal de aproximación deberá tener un ángulo de expansión menor al dado por la siguiente expresión:

$$\frac{\alpha}{2} = \tan^{-1} \left(\frac{1}{1.5 F_1} \right) \quad (4.10)$$

4.3. Cuencos del USBR.

Con el fin de presentar un resumen del estado del arte en este tema se ha incluido una referencia a los estudios realizados por el Bureau of Reclamation (USBR) que son una referencia en esta materia (Peterka, A. J., Bureau of Reclamation, 1964).

El Bureau realizó ensayos con el objetivo de determinar las propiedades del resalto hidráulico. Obteniendo el diseño de diez estructuras disipadoras. Cuatro tienen un uso muy definido como la recomendada para disipar la energía a lo largo de una rápida. A continuación se detallan algunas de estas estructuras disipadoras que interesan a esta investigación.

4.3.1. Cuenco USBR I.

Este es el cuenco sencillo, sin elementos disipadores en el que se forma el resalto clásico, con una longitud $L_c = 6 y_2'$. En la práctica se construye pocas veces por su gran longitud, pero se usa como referencia para los otros tipos de cuenco.

4.3.2. Cuenco USBR II.

Este tipo de cuenco es un diseño conservador para aliviaderos de hasta 61 m de altura y caudal específico de $50 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$, siempre que el chorro de entrada tenga velocidad y calado uniformes.

Características de diseño.

Rango de funcionamiento del número de Froude:

$$4.0 \leq F_1 \leq 14$$

La longitud del cuenco se obtiene con la gráfica de la figura 5 y con la aplicación de la siguiente ecuación:

$$\frac{L_c}{y_2} \cong 4.28 \quad \text{si} \quad 8 \leq F_1 \leq 14$$

Altura máxima de caída de:

$$H_{\text{máx}} = 61 \text{ m}$$

Caudal específico máximo (en relación al ancho del cuenco), es de:

$$q_{\text{máx}} = 50 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Velocidad máxima a la entrada al cuenco amortiguador:

$$U_{\text{máx}} = 30 \text{ m/s}$$

En este cuenco se usan los siguientes elementos disipadores: bloques, dientes deflectores y umbral dentado a lo largo de la solera (Figura 4.4). Producen un efecto estabilizador en el resalto, lo que permite acortar el cuenco y proporciona un factor de seguridad contra el desplazamiento del resalto.

Los dientes deflectores se ubican en el extremo de aguas arriba. Su función es acanalar el flujo y despegar una parte de éste del suelo. Con estas dos acciones se crea un mayor número de remolinos que disipan energía, reduciendo así la longitud del resalto.

La altura, el ancho y la separación de los dientes deflectores son iguales al calado a la entrada del cuenco (y_1); estas dimensiones deben de ajustarse al ancho del cuenco. El espaciamiento entre bloque y cajero debe ser $y_1/2$ para reducir el rocío del flujo y mantener las presiones deseables.

$$s_D = b_D = e_D = y_1 \quad (4.11); \quad e_{De} = y_1/2 \quad (4.12)$$

La altura del umbral dentado es igual a $0.20 y_2$, y el ancho y espaciado máximo recomendado es aproximadamente $0.15 y_2$. La pendiente de la parte continua del umbral es 2:1. En el caso de cuencos angostos se recomienda reducir su ancho y espaciado.

$$s_U = 0.2y_2 \quad (4.13); \quad b_U = e_U \leq 0.15y_2 \quad (4.14)$$

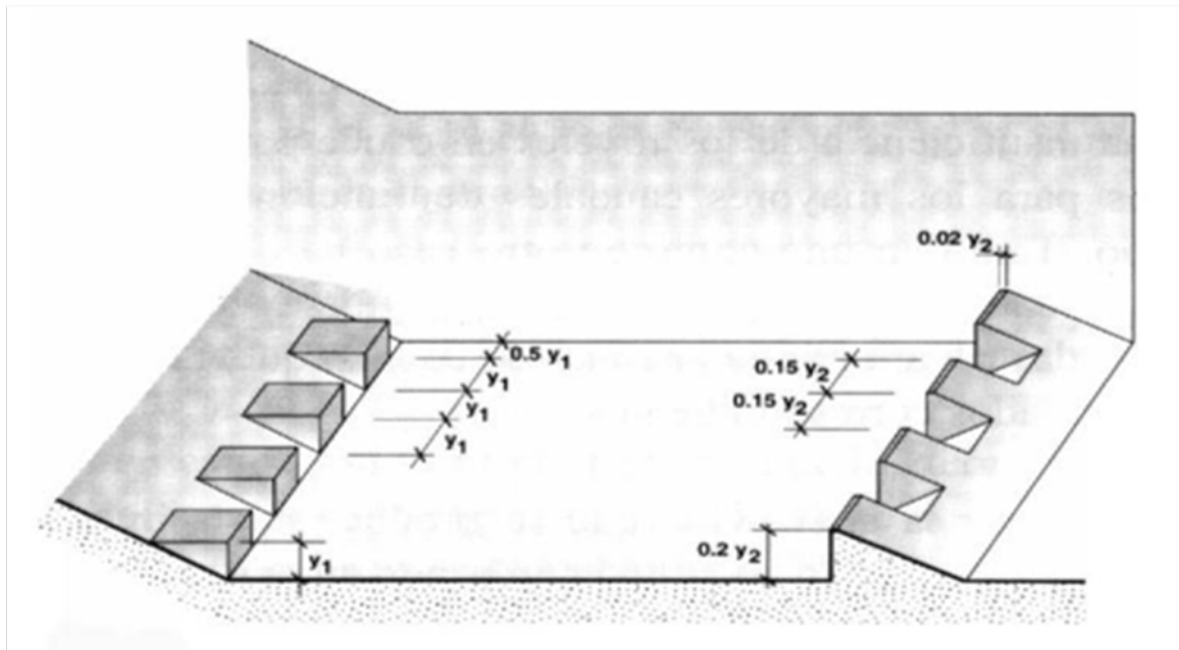


Figura 4.4. Cuenco USBR tipo II. (Peterka, A. J., Bureau of Reclamation, 1964).

4.3.3. Cuenco USBR III.

Es un cuenco inspirado en el cuenco SAF que es más conservador, puede usarse con caudales específicos pequeños y velocidades de llegada menores de 20 m/s. la manera más efectiva de acortar un cuenco es añadirle elementos disipadores así que pueden incluirse en el diseño bloques amortiguadores sin riesgo de daño por cavitación. La única restricción es que dichos bloques se auto-limpien, esto es que cualquier objeto arrastrado por el flujo pueda pasar entre o sobre ellos para que no se forme un tapón. Las mejores formas de bloque que se ensayaron y presentaron un muy buen comportamiento fueron las cúbicas y trapezoidales estándar.

Características de diseño.

Rango de funcionamiento del número de Froude:

$$4.5 \leq F_1 \leq 17$$

La longitud del cuenco se obtiene con la gráfica de la Figura 4.5 y con la aplicación de la siguiente ecuación:

$$\frac{L_c}{y_2} \cong 2.75 \quad \text{si } 6 \leq F_1 \leq 12$$

Altura máxima de caída de:

$$H_{m\acute{a}x} = 30.5 m$$

Caudal específico máximo (en relación al ancho del cuenco), es de:

$$q_{m\acute{a}x} = 20.0 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Velocidad máxima a la entrada al cuenco amortiguador:

$$U_{m\acute{a}x} = 15.2 - 18.3 \text{ m/s}$$

En este cuenco se usan los siguientes elementos disipadores: bloques amortiguadores, dientes deflectores y umbral dentado (Figura 4.6). Los dientes deflectores se ubican en el extremo de aguas arriba. La función principal de este tipo de cuencos es el de acortar la longitud del resalto y para disipar la elevada velocidad de circulación dentro del cuenco acortado. En este cuenco se supone que la disipación de la energía la hacen los bloques amortiguadores y la turbulencia del resalto que aseguran su eficacia, con la misma función que en el cuenco USBR II.

Los bloques amortiguadores se colocan en el centro del cuenco amortiguador, formando una línea perpendicular al flujo. Incrementan la disipación de energía mediante el choque del agua contra ellos, por esto mismo ayudan a estabilizar el resalto. Se ha observado, en base a la experiencia (ICOLD, 1988), que este tipo de cuenco sufre daños por cavitación si $U_1 > 15 - 18 \text{ m/s}$.

El umbral continuo, con la cara de aguas arriba inclinada, se ubica en el extremo de aguas abajo y sirven para desviar hacia arriba las corrientes de fondo remanentes, alejándolas del lecho.

El funcionamiento óptimo del cuenco se consigue cuando el calado en la zona de reintegro es igual al conjugado y_2 .

La altura, el ancho y la separación de los dientes deflectores es igual al calado a la entrada del cuenco (y_1). El ancho de los dientes puede reducirse siempre que el porcentaje de bloqueo sea aproximadamente 50%. Si y_1 es menor de 0.20 m, por lo que por razones constructivas, los dientes serán de al menos 0.20 m de alto.

$$s_D = b_D = e_D = y_1 \quad (4.15); \quad s_D = 15 \text{ cm} \quad (4.16)$$

La altura de los bloques amortiguadores (s_B) varía con F_1 , según la siguiente ecuación, pero dentro del rango indicado.

$$\frac{s_B}{y_1} = 0.6 + \frac{F_1}{6} \quad ; \quad 1.3 \leq \frac{s_B}{y_1} \leq 2 \quad 4 \leq F_1 \leq 18 \quad (4.17)$$

Bloques más altos provocan flujo en cascada y bloques más bajos conforman una superficie rugosa. La cara de aguas arriba debe ser vertical y deben estar todas en un mismo plano. El ancho y el espaciamiento de los bloques serán de $0.75 s_B$. En estructuras angostas, el ancho y el espaciamiento se pueden reducir siempre que sea en forma proporcional. Se recomienda la mitad del espaciamiento entre los cajeros (extremos e intermedios) y los bloques amortiguadores.

$$b_B = e_B = 0.75 s_B \quad (4.18); \quad e_{Be} = 0.5 e_B \quad (4.19)$$

La ubicación de los bloques amortiguadores dentro del cuenco, se propone que la cara de aguas arriba de los bloques amortiguadores quede a $0.8 y_2^*$ del inicio del cuenco amortiguador.

$$L_B = 0.8 y_2^* \quad (4.20)$$

La altura del umbral continuo al final del cuenco (s_U) varía con F_1 , según la siguiente ecuación. La pendiente del umbral es 2:1 ascendente en la dirección del flujo (Figura 4.7).

$$\frac{s_U}{y_1} = 1 + \frac{F_1}{18} \quad ; \quad 1.2 \leq \frac{s_U}{y_1} \leq 3.6 \quad ; \quad 4 \leq F_1 \leq 18 \quad (4.21)$$

Las aristas de los dientes, bloques y umbral deben ser vivas por que así se provocan vórtices que ayudan en la disipación de energía, por tanto o es deseable ni redondearlas ni perfilarlas.

Como regla general, la pendiente de la rápida no influye en el resalto, a menos que se trate de tramos largos de pendiente suave.

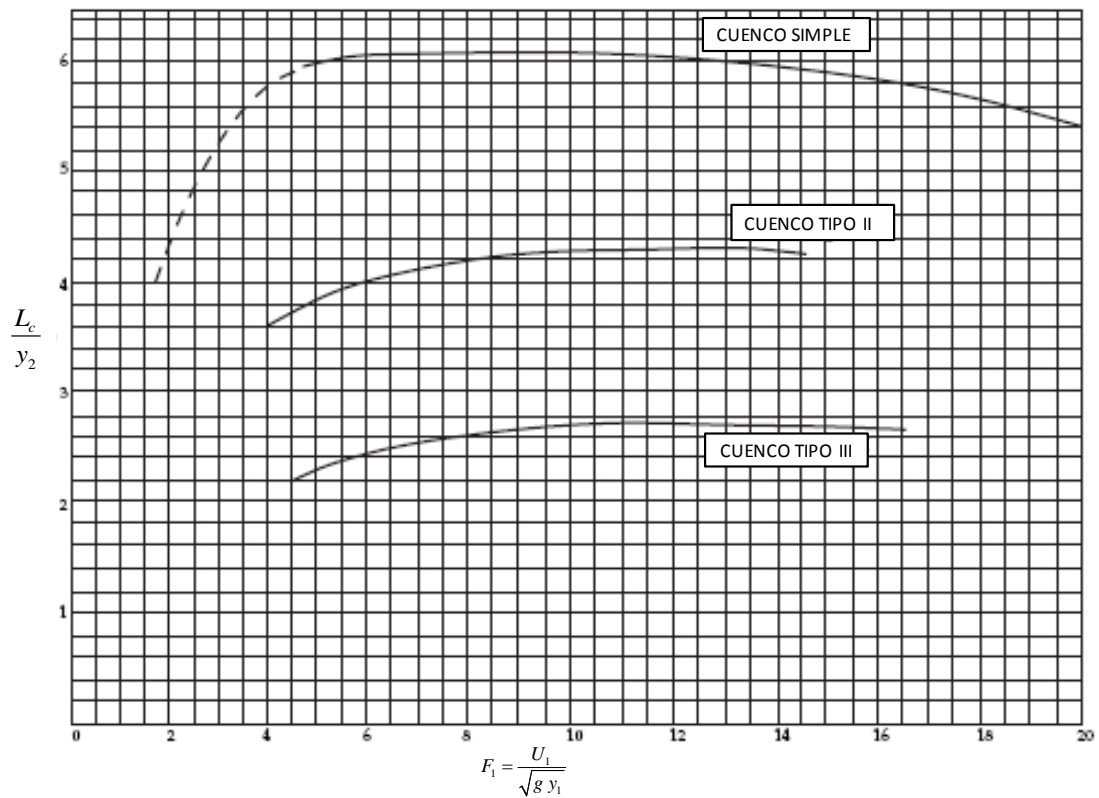


Figura 4.5. Longitud del cuenco para salto libre y los cuencos USBR II y III. (Peterka, A. J., Bureau of Reclamation, 1964).

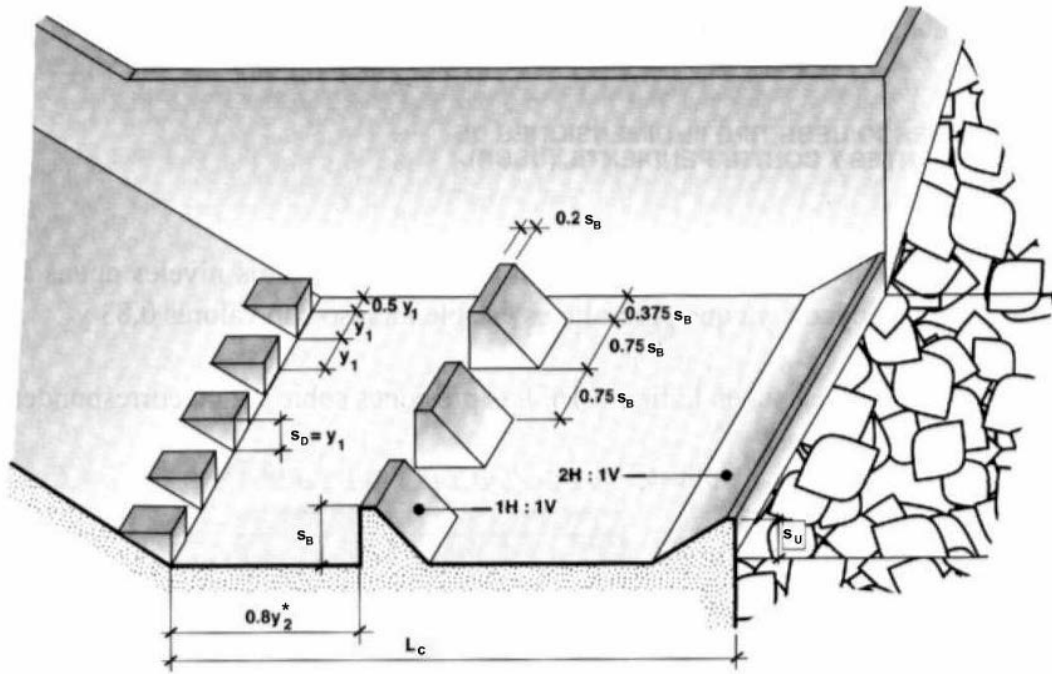


Figura 4.6. Cuenco USBR tipo III. (Peterka, A. J., Bureau of Reclamation, 1964).

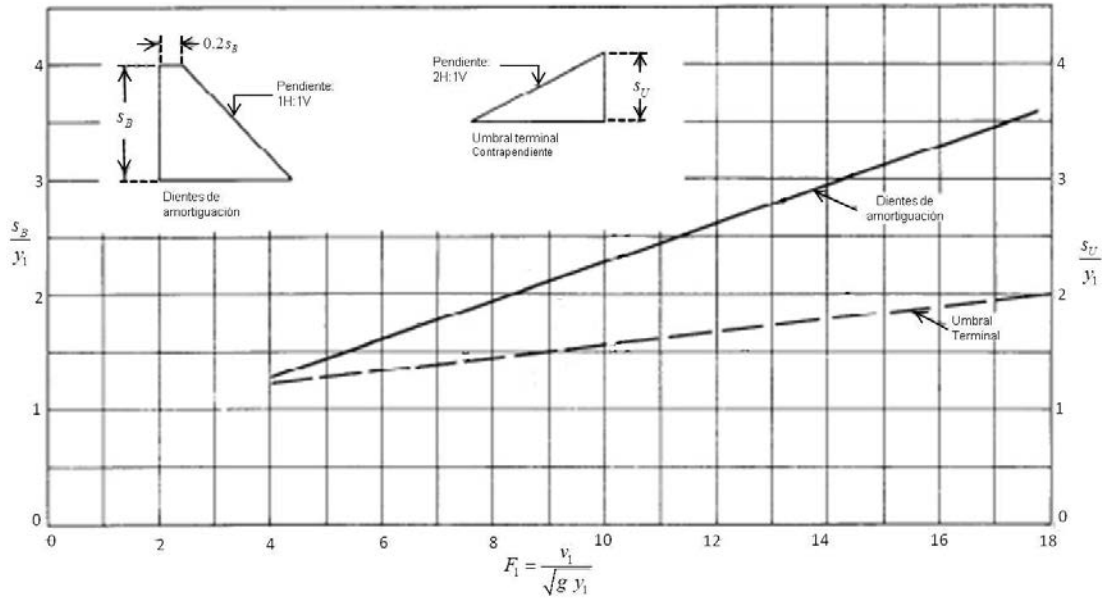


Figura 4.7. Cuenca USBR tipo III, dimensiones de los bloques y umbral terminal. (Peterka, A. J., Bureau of Reclamation, 1964).

4.3.4. Cuenca USBR IV.

Este tipo de cuenca ha sido diseñado para atenuar los efectos erosivos de corrientes con $2.5 \leq F_1 \leq 4.5$. Esta condición se presenta con más frecuencia en canales y presas derivadoras. En estos casos no se forma un verdadero resalto hidráulico. Los cuencos amortiguadores para este tipo de régimen son menos adecuados para producir una disipación efectiva, porque el oleaje resultante ordinariamente no se puede controlar con los dispositivos usuales de los cuencos. Las ondas generadas por la corriente persistirán más allá del extremo del cuenco y con frecuencia deben amortiguarse por medios diferentes del cuenco.

Sin embargo el oleaje propagado por el flujo oscilante no puede amortiguarse completamente. Algunas veces tienen que emplearse amortiguadores auxiliares de las ondas, o supresores para que la circulación aguas abajo sea tranquila.

Debido a la tendencia del resalto a cambiar de lugar, y como un medio para suprimir el oleaje, los calados del agua en el cuenco deben ser aproximadamente 10% mayores que el calado conjugado calculado.

Con frecuencia la necesidad de utilizar este tipo de cuenco se puede evitar eligiendo las dimensiones necesarias para que cambien las condiciones del régimen de la corriente, de manera que queden fuera de las condiciones de transición.

En este cuenco se utilizan los siguientes elementos disipadores: dientes deflectores y, opcionalmente, un umbral continuo con la cara de aguas arriba inclinada y la de aguas abajo

vertical (Figura 4.8). Los dientes deflectores se ubican en la zona final de la rápida. El umbral terminal es útil para el control de la socavación en la zona de reintegro al cauce.

Se deben de diseñar a caudal máximo, y de inicio deberá de funcionar bien para todo el rango de caudales. Las ondas remanentes son semejantes a las que se forman en resaltos con F_1 mayores.

Se recomienda que el calado en el reintegro sea entre 5 (mínimo) y 10% (óptimo) mayor que el conjugado mayor, ya que es fácil que con una ligera variación de este calado, el resalto se desplace hacia aguas abajo.

$$y_2' = 1.05 - 1.10y_2^* \quad (4.22)$$

La longitud del cuenco debe ser igual a la del cuenco USBR I ($L_c = 6y_2^*$; resalto clásico). Este cuenco sólo puede usarse en canales de sección rectangular.

Las dimensiones más importantes de los dientes deflectores son el ancho de $0.75y_1$ (óptimo) y como máximo y_1 , $2y_1$ de alto (medido desde la solera del cuenco) y de largo mínimo $2y_1$ con un espaciamiento igual a 2.5 veces el ancho. Además la cara superior debe tener una pendiente descendente de 5° en la dirección del flujo. Se propone que a lo ancho de la rápida se coloquen al menos tres dientes.

$$0.75y_1 \leq b_D \leq y_1 \quad (4.23); \quad s_D = 2y_1 \quad (4.24)$$

$$e_D = 2.5 b_D \quad (4.25); \quad e_D \geq 2y_1 \quad (4.26)$$

$$e_{De} = 0.5 e_D \quad (4.27)$$

Si se dispone un umbral continuo, su altura será igual a $1.25y_1$ y se ubicará al final del cuenco, de forma similar al del cuenco USBR III.

$$s_U = 1.25 y_1 \quad (4.28)$$

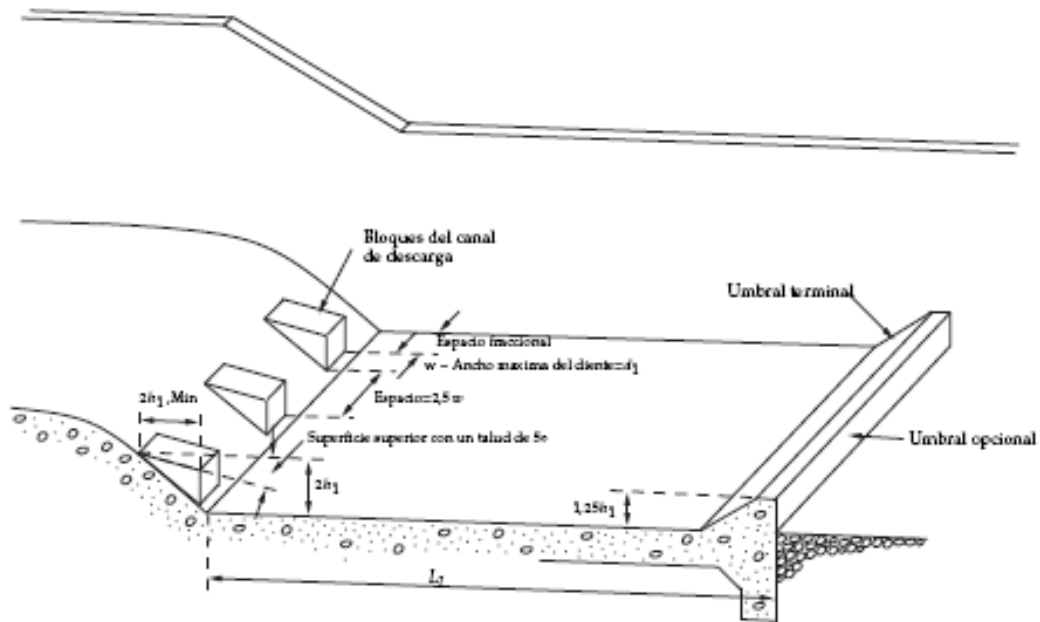


Figura 4.8. Cuenco USBR tipo IV. (Peterka, A. J., Bureau of Reclamation, 1964).

4.3.5. Cuenco USBR V.

Debido a que los aliviaderos tienen una fuerte pendiente, y la ubicación del resalto varía con el caudal descargado, como sucede durante una avenida, con frecuencia la parte frontal del resalto se mueve desde el cuenco hacia la rápida. Normalmente esto sucede cuando el cuenco está diseñado para que el resalto se forme al pie del mismo.

Para cuencos horizontales el resalto hidráulico es muy sensible al cambio en el calado de reintegro, al diseñar la mayoría de las grandes presas se considera usar un cuenco con solera inclinada hacia aguas abajo, ya que en estos casos el resalto es menos sensible frente a dicho cambio. Se recomienda que el calado en la descarga sea al menos 5% mayor que el conjugado mayor. Si $F_1 > 9$, es aconsejable un factor de seguridad del 10%, pues además de estabilizar el resalto, mejora el comportamiento del cuenco.

En este cuenco sólo se usa un umbral terminal continuo con la cara de aguas arriba inclinada y la de aguas abajo vertical. Sirve para levantar el flujo cuando abandona el cuenco controlando así la posible socavación en la zona de reintegro al cauce.

Para el correcto diseño y procurar un funcionamiento óptimo del cuenco se comentan las siguientes recomendaciones:

- Se determinara el arreglo de cuenco más económico para la condición de caudal máximo.

- Fijar el cuenco para que, con el correspondiente calado en la zona de reintegro, el frente del resalto se forme en el extremo de aguas arriba de la pendiente para el caudal máximo.
- Se debe de definir el porcentaje de la longitud de resalto que se confinará en el cuenco en función de la calidad de la roca del lecho y otras condiciones locales.
- Una vez que el cuenco está diseñado para las condiciones de caudal máximo, debe verificarse que el calado en la zona de reintegro y la longitud del cuenco sea suficiente para disipar correctamente la energía de $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{4}$ del caudal máximo. Si aún así resulta insuficiente, tal vez sea necesario disminuir la pendiente o redimensionar el tramo del cuenco con pendiente.
- Los cuencos horizontales y con pendiente tendrán un comportamiento semejante para F_1 grandes si se tiene el calado adecuado en la zona de reintegro.
- El único elemento disipador recomendado, en combinación con el cuenco con pendiente, es un umbral triangular continuo ubicado al final del mismo. Aunque sus dimensiones no son críticas, se ha visto que la altura más efectiva está entre $0.05 y_2$ y $0.10 y_2$ y que el talud debe estar entre 3:1 a 2:1.

$$0.05 y_2 \leq s_U \leq 0.10 y_2 \quad (4.29)$$

4.4. Cuenco ISI.

Desarrollado por la Indian Standards Institution diseñaron dos cuenco amortiguadores (Pillai 1964, 1989) para bajos número de Froude ($F_1 < 4.5$). se consideran útiles para eliminar, desde su formación, las ondas difíciles de amortiguar que aparecen cuando se presenta un resalto oscilante dentro del rango de $2.5 \leq F_1 \leq 4.5$. Esta condición es más frecuente en canales y presas derivadoras. Hay que evitar la formación de la onda oscilante alterando la condición que la genera.

4.4.1. Cuenco ISI original.

En este cuenco se usan los siguientes elementos disipadores: dientes deflectores, bloques amortiguadores y umbral terminal dentado (Figura 4.9). La longitud del cuenco es igual a $4y_2$.

$$L_c = 4y_2 \quad (4.30); \quad y_2 \geq 0.91 y_2 \quad (4.31)$$

Los dientes deflectores se ubican al pie de la rápida, su función ya se describió para el cuenco USBR IV. Los bloques amortiguadores incrementan la disipación de energía mediante el

choque del agua contra ellos, además ayudan a estabilizar el resalto. El umbral es útil para el control de la socavación en la zona de reintegro del cauce.

La altura de los dientes debe ser igual a $2y_1$, mientras que el ancho será $0.9y_1$ y el espaciamiento será $2.2y_1$. Los bloques quedan ubicados a $0.8y_2^*$ del inicio del cuenco y tienen una altura, ancho y espaciamiento iguales a y_1 ; la altura del umbral será de $0.20y_2$ con pendiente 2:1.

$$s_D = 2y_1 \quad (4.32); \quad b_D = 0.9 y_1 \quad (4.33)$$

$$e_D = 2.2y_1 \quad (4.34); \quad e_{De} = 0.5 e_D \quad (4.35)$$

$$L_B = 0.8y_2 \quad (4.36); \quad s_B = 1.5 y_1 \quad (4.37)$$

$$b_B = e_B = y_1 \quad (4.38); \quad e_{Be} = 0.5 e_B \quad (4.39)$$

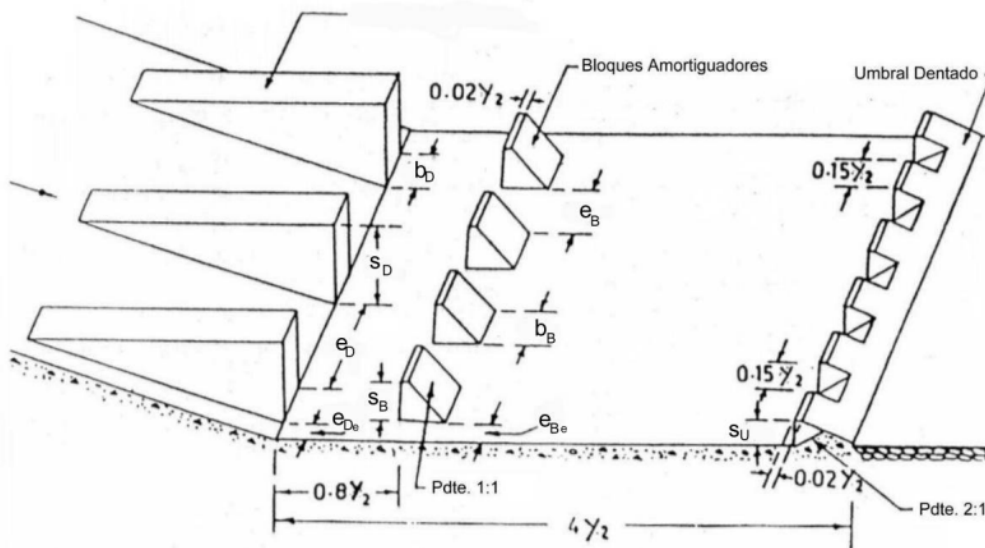


Figura 4.9. Cuenco ISI, original. (Pillai 1964, 1989)

4.4.2. Cuenco ISI modificado.

Éstos usan los mismos elementos disipadores que los del cuenco original, aunque cambian sus dimensiones y forma, como por ejemplo, el umbral terminal no es dentado si no continuo (Figura 4.10). La longitud del cuenco es igual a $2y_2$. Las características más importantes de este cuenco son su corta longitud y el poco calado necesario en la zona de reintegro para garantizar que se forme dentro del cuenco; aun con un calado igual al 80% del y_2 , el resalto no se barre.

$$L_c = 2y_2 \quad (4.40); \quad y_2 \geq 0.85 y_2 \quad (4.41)$$

Las dimensiones de los distintos elementos disipadores son: la altura de los dientes es igual a y_1 , mientras que el ancho y espaciamiento son iguales a $0.8y_1$. Los bloques amortiguadores tienen forma de prisma pentagonal simétrico con los siguientes ángulos internos: el que queda hacia aguas arriba es de 150° y los dos colindante de 90° . Quedan ubicados a $0.8y_2^*$ del inicio del cuenco y tienen una altura de $1.5y_1$, y ancho y espaciamiento iguales a y_1 ; la altura del umbral será de $0.10y_2$, el ancho y la separación de los dientes del umbral son iguales a $0.15y_2$ con pendiente 2:1.

$$s_D = 2y_1 \quad (4.42); \quad b_D = 0.9 y_1 \quad (4.43)$$

$$e_D = 2.2y_1 \quad (4.44); \quad e_{De} = 0.5 e_D \quad (4.45)$$

$$L_B = 0.8y_2 \quad (4.46); \quad s_B = 1.5 y_1 \quad (4.47)$$

$$b_B = e_B = y_1 \quad (4.48); \quad e_{Be} = 0.5 e_B \quad (4.49)$$

$$s_U = 0.2y_2 \quad (4.50); \quad b_U = e_U = 0.15 y_2 \quad (4.51)$$

Puesto que este es un diseño relativamente nuevo (Pillai, 1989), sólo se ha probado en modelo físico para $F_I = 2.85, 3.75$ y 4.57 , funcionando correctamente en los tres casos. Por esta razón aún no es posible diseñar un cuenco de este tipo teóricamente.

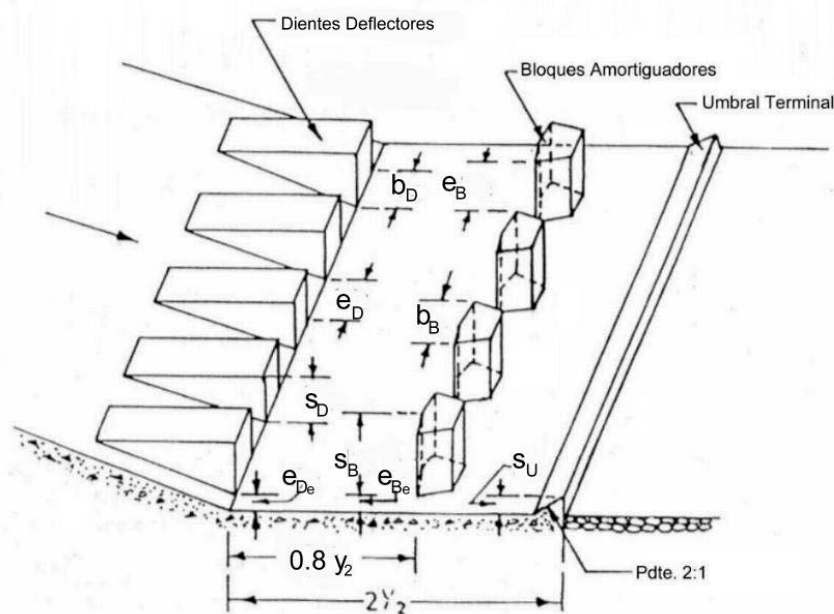


Figura 4.10. Cuenco ISI, modificado. (Pillai 1964, 1989)

4.5. Cuencos VNIIG.

En lo que respecta a este tipo de cuenco amortiguador tipificado, éstos se subdividen en 4 grupos principalmente. Fueron desarrollados por investigadores del Instituto de Hidrotécnica de Vedeneev (VNIIG de acuerdo a sus siglas inglesas) de San Petesburgo, Rusia, descritos por Hager (1992) y Fernández Bono (1993a). Todos deben de usarse para el rango del número de Froude de $2.5 < F_1 < 10$.

4.5.1. Cuenco VNIIG I.

Este tipo de cuenco es semejante al cuenco USBR I, es decir, no tiene elementos disipadores y su longitud recomendada es entre 15 y 25% mayor que la del USBR I.

$$L_c = 7(y_2^* - y_1) \quad (4.52)$$

4.5.2. Cuenco VNIIG II.

El diseño de este tipo de cuenco involucra el uso de un solo elemento disipador, un umbral intermedio.

Características de diseño.

Altura máxima de caída de:

$$H_{m\acute{a}x} = 40m$$

Caudal específico máximo (en relación al ancho del cuenco), es de:

$$q_{m\acute{a}x} = 80 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Este cuenco está constituido con un umbral intermedio ubicado a $3y_2^*$ del inicio del cuenco.

$$L_U = 3 y_2^* \quad (4.53)$$

Su altura es:

$$\frac{s_U}{y_U} = 0.12 \left(\frac{Z}{y_c} + 2 \right)^{1/2} \quad (4.54)$$

donde:

Z energía incidente.

y_c calado crítico.

Correspondiendo, para $6 < F_l < 10$, con

$$s_U = \frac{S_U}{y_1} = 0.12 F_1^{1/3} \left(1 + 2 F_1^{2/3} + F_1^2 / 2 \right)^{1/2} \quad (4.55)$$

Así, la máxima altura relativa del umbral es $S_{Umáx} = 2$ para $F_l = 10$ y la mínima $S_{Umín} = 1$ para $2.5 < F_l < 6$.

4.5.3. Cuenco VNIIG III.

Diseño con bloques amortiguadores intermedios, con forma trapezoidal (Figura 4.11).

Características de diseño.

Altura máxima de caída de:

$$H_{máx} = 19 m$$

Caudal específico máximo (en relación al ancho del cuenco), es de:

$$q_{máx} = 80 \text{ m}^3/\text{s/m}$$

Este cuenco dispone de una línea de bloques amortiguadores simétricos trapezoidales, alineados de forma perpendicular al flujo, a $3y_2^*$ del inicio del mismo y cuya altura es:

$$\frac{s_B}{y_c} = 0.26 + 0.53 \left(\frac{H}{y_c} - 2 \right)^{1/2} \quad (4.56)$$

Correspondiendo, para $2.5 < F_l < 5$, con

$$s_B = \frac{S_B}{y_1} = 0.26 F_1^{1/3} \left[F_1^{1/3} + 2 \left(1 - 2F_1^{2/3} + F_1^2 / 2 \right)^{1/2} \right] \quad (4.57)$$

y para $5 < F_l < 10$ se adopta $S_B = 3.5$.

En cuanto a las dimensiones de los bloques, la relación entre ancho (b_B) y espaciamiento (e_B) es 4:3 y la relación s_B/b_B debe estar confinada entre 1 y 24.

$$b_B/e_B = 4/3 \quad (4.58); \quad 1 \leq s_B/b_B \leq 2.4 \quad (4.59); \quad L_B = 3 y_2^* \quad (4.60)$$

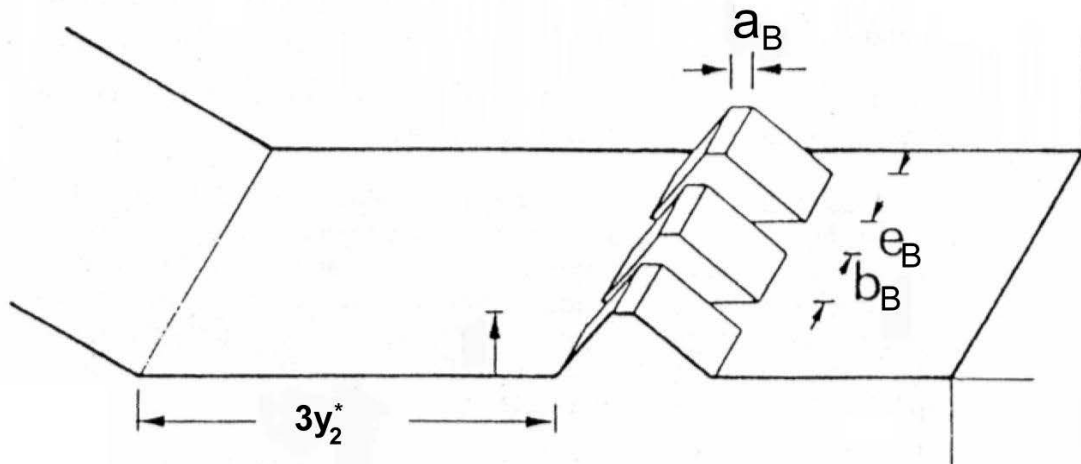


Figura 4.11. Cuenco VNIIG tipo III. (Hager 1992 y Fernández Bono 1993a).

4.5.4. Cuenco VNIIG IV.

El elemento disipador propuesto en este caso es un umbral intermedio continuo, no perpendicular al flujo (Figura 4.12).

Características de diseño.

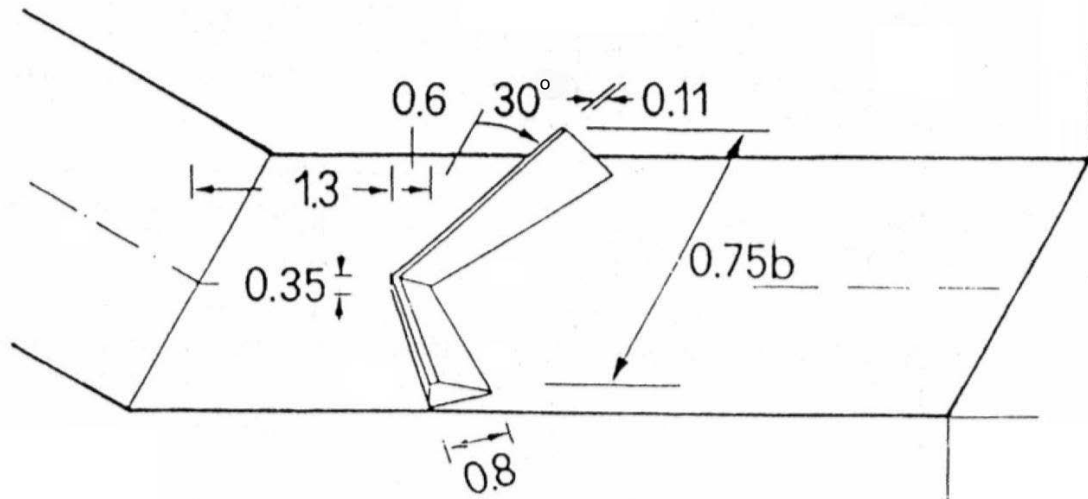
Altura máxima de caída de:

$$H_{m\acute{a}x} = 30m$$

Caudal específico máximo (en relación al ancho del cuenco), es de:

$$q_{m\acute{a}x} = 100 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Este cuenco tiene un umbral continuo característico que no es perpendicular al flujo, ocupa el 75% del ancho del cuenco y su altura varía. El umbral tiene forma de “v” con el vértice a $1.3y_c$ del inicio del cuenco y su altura aumenta en forma lineal desde $0.35y_c$ en el centro, hasta $0.7y_c$ en los extremos cercanos a los cajeros.



Nota: Los valores numéricos deben multiplicarse por y_c

Figura 4.12. Cuenco VNIIG, tipo IV. (Hager 1992 y Fernández Bono 1993a).

4.6. Cuenco USCE.

Es el cuenco propuesto y recomendado por el U. S. Corps of Engineers (Hager, 1992; ASCE, 1995).

Rango de funcionamiento del número de Froude:

$$2 \leq F_1 \leq 8$$

Altura máxima de caída de:

$$H_{m\acute{a}x} = 90m$$

Caudal específico máximo (en relación al ancho del cuenco), es de:

$$q_{m\acute{a}x} = 110 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

En este tipo de cuenco se utilizan los siguientes elementos disipadores: una o dos filas de bloques amortiguadores y un umbral terminal continuo (Figura 4.13) y ha sido diseñado para instalaciones de alta carga. Los bloques amortiguadores, colocados al tresbolillo, incrementan la disipación de energía del agua al desviar el chorro y obligarle a pasar sobre y entre ellos.

El umbral terminal, con la cara de aguas arriba inclinada, desvía la corriente remanente del fondo para proteger contra la socavación a la zona de reintegro. El calado allí debe ser al menos de $0.85y_2^*$ para garantizar que el resalto se presenta en el cuenco.

$$y_2' \geq 0.85 y_2^* \quad (4.61)$$

Como recomendación, se debe de dimensionar el cuenco y sus dispositivos disipadores de energía tomando en consideración lo siguiente:

a) Posición y dimensionamiento de los bloques:

i. Primera fila: distancia desde el inicio del cuenco hasta la cara frontal de los bloques.

$$L_{B1} = 1.5 y_2^* \quad \text{si} \quad F_1 \leq 4.6 \quad (4.62)$$

$$L_{B1} = \left[1.5 + \frac{F_1 - 4.6}{11} \right] y_2^* \quad \text{si} \quad F_1 > 4.6 \quad (4.63)$$

ii. Segunda fila: distancia entre las caras frontales de los bloques de ambas filas.

$$L'_{B2} = 2.5 s_B \quad (4.64)$$

donde:

s_B altura de los bloques amortiguadores calculada a su vez con las siguientes ecuaciones en función de F_1 :

$$s_B = y_2^* / 6 \quad \text{si} \quad F_1 \leq 4.6 \quad (4.65)$$

$$s_B = [1 + 0.13(F_1 - 4.6)] y_1 \quad \text{si} \quad F_1 > 4.6 \quad (4.66)$$

iii. Las filas de los bloques amortiguadores se sitúan al tresbolillo, siendo el ancho de aquellos menor que s_B . El espaciamiento entre bloques ha de ser, al menos, igual a su ancho.

$$b_B < s_B \quad (4.67); \quad e_B \geq b_B \quad (4.68)$$

b) Longitud del cuenco. Altura del umbral terminal

La posición del umbral al final la longitud del cuenco, debe ser al menos igual al mayor de los valores obtenidos con las siguientes expresiones:

$$L_U / y_2^* \geq 1 + L_{B1} / y_2^* \quad (4.69); \quad L_U / y_2^* > 4 \quad (4.70)$$

Según las recomendaciones de la ASCE (1995), la longitud del cuenco se obtiene de la siguiente ecuación:

$$L_c = k y_1 F_1^{1.5} \quad ; \quad 2 \leq F_1 \leq 20 \quad (4.71)$$

donde:

k coeficiente de longitud de cuenco, cuyo valor viene dado en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Valores del coeficiente k para calcular la longitud del cuenco USCE (ASCE, 1995)

Cuenco	k	Referencias
Con umbral terminal, vertical, escalonado o en contrapendiente y una o dos filas de bloques (USCEd).	1.4	Pickering (1968), USAEDP (1956), USAEDNP (1968), USAEWES (1961), 1970).
Solamente con umbral terminal, vertical, escalonado o en contrapendiente, sin bloques (USCEu).	1.7	Perkins (1974), USAEDNP (1983, 1984)

La altura del umbral terminal es la mitad de la altura de los bloques:

$$s_U' = 0.5 s_B \quad (4.72)$$

Aunque el campo de aplicación de este cuenco no está claramente delimitado, sí existen algunas recomendaciones técnicas:

- En el caso de pequeñas estructuras de disipación en canales y pequeños aliviaderos de uso frecuente, usar bloques amortiguadores si $F_1 < 5.8$.
- En el caso de aliviaderos de grandes presas con funcionamiento esporádico, esto es que funcionan sólo en caso de avenidas, usar bloques amortiguadores si $F_1 < 8$.

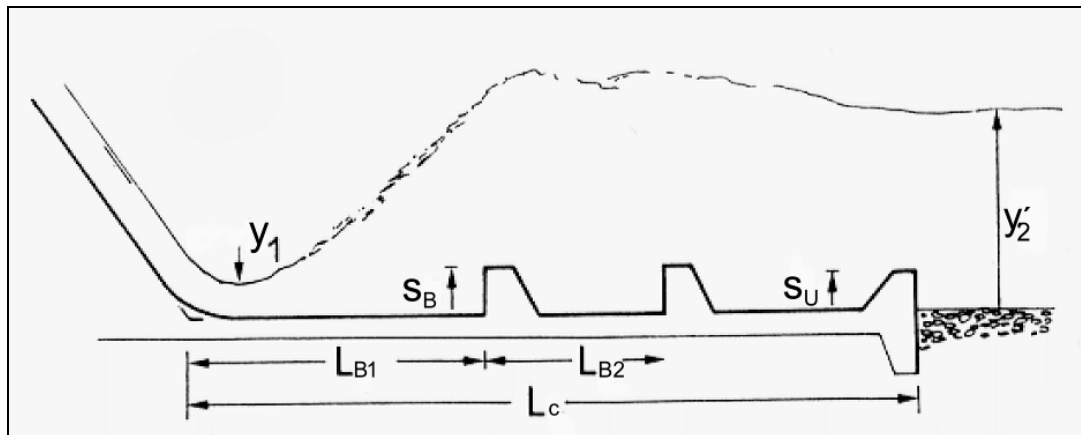


Figura 4.13. Cuenco USCE. (Hager, 1992 y ASCE, 1995).

El uso de cuencos amortiguadores de diseño generalizado, cuando es posible, permite una mayor economía de proyecto. Esto se debe a una mayor estabilidad del resalto al tiempo de un acortamiento de su longitud de desarrollo.

4.7. Ábacos para la elección y predimensionamiento de cuencos amortiguadores tipificados.

Como se ha comentado anteriormente, una vez conocidas las características necesarias a satisfacer en la elaboración de un proyecto de una presa, en función de las cuales se deberá de elegir y dimensionar el cuenco tipificado más adecuado.

Por lo que respecta a las características hidráulicas de la presa se propone un ábaco que permite, mediante un sencillo cálculo, elegir el tipo de cuenco amortiguador que debe utilizarse. Dicho ábaco es también utilizado para comprobar si el cuenco amortiguador de una determinada presa existente sigue siendo útil al cambiar las condiciones de funcionamiento para las que se proyectó.

El ábaco de predimensionamiento facilita la elección del tipo de cuenco amortiguador tipificado, en función de ciertas características hidráulicas de la presa: caudal específico (q), altura de caída de la presa (Z) y número de Froude (F_1) de acceso al cuenco. Éste ábaco se ha construido a partir de los conocimientos teóricos existentes sobre los cuencos tipificados anteriormente descritos y es válido únicamente para ese tipo de cuencos. También es de utilidad en el caso de presas de gravedad vertedor.

Partiendo de las dos variables antes mencionadas, caudal específico en el cuenco (q) y la altura de caída (Z), se van a acotar varias regiones del ábaco, delimitadas por el tipo de resalto (límites de números de Froude de entrada F_1) y los correspondientes rangos de funcionamiento de cada tipo de cuenco amortiguador a proyectar.

Para la obtención del ábaco de predimensionamiento se procedo de la siguiente forma:

Se acota el plano Z, q . Se ha fijado el límite superior del caudal específico con un valor de **100 m²/s**, el cual es el máximo recomendado en los cuencos tipificados. El límite superior para la altura de caída es de **50 m** debido a que normalmente los cuencos amortiguadores de resalto se utilizan para alturas menores de ese valor.

La altura de caída (Z) se define como la distancia vertical entre la superficie libre de la lámina vertiente en la zona donde es despreciable la carga de velocidad del flujo de aproximación y la cota de la solera del cuenco. Dicha altura de caída (Z) es sustituida en la ecuación de Bernoulli y despreciando las pérdidas por fricción ¹, se puede calcular la velocidad del agua de entrada al cuenco con la siguiente expresión:

$$U_1 = \sqrt{2 g Z} \quad (4.72)$$

Sustituyendo la anterior expresión en la definición del número de Froude F_1 y teniendo en cuenta que $q = U_1 y_1$, resulta:

$$F_1 = \frac{U_1}{\sqrt{g y_1}} = 1.682 \sqrt{\frac{g^{1/2} Z^{3/2}}{q}} \quad (4.73)$$

Como se puede observar, esta expresión relaciona F_1, q y Z , de tal manera que, conocidos dos valores, la obtención del tercero es inmediata.

La Figura 4.14, muestra una serie de curvas en el plano (Z, q) cada una de ellas obtenidas a partir de la variación de diferentes valores del número de Froude F_1 sustituidos en la ecuación anterior. Sobre el mismo plano se delimitan los rangos de validez de los distintos cuencos tipificados según han sido expuestos en los epígrafes anteriores y de esta forma se construye el ábaco de predimensionamiento, como se muestra en las Figuras 4.15 – 4.19.

¹ Se desprecia las pérdidas por fricción durante la aceleración del flujo hacia aguas abajo sobre el paramento liso de la presa vertedero (Bauer, 1954 citado por Chow, 1959) ya que para los taludes normales en el paramento de aguas abajo en este tipo de presas, no suelen ser significativas y además se está a nivel de predimensionamiento.

Su aplicación se explica de una forma sencilla, de tal forma que, para un embalse dado conociendo los valores de los parámetros Z y q , se localiza en el ábaco dicho punto formado con esas coordenadas. En función de la región donde caiga dicho punto, tanto en caso de adaptación como en caso de diseño, se obtiene que los cuencos tipificados sean útiles para lograr la disipación de energía buscada.

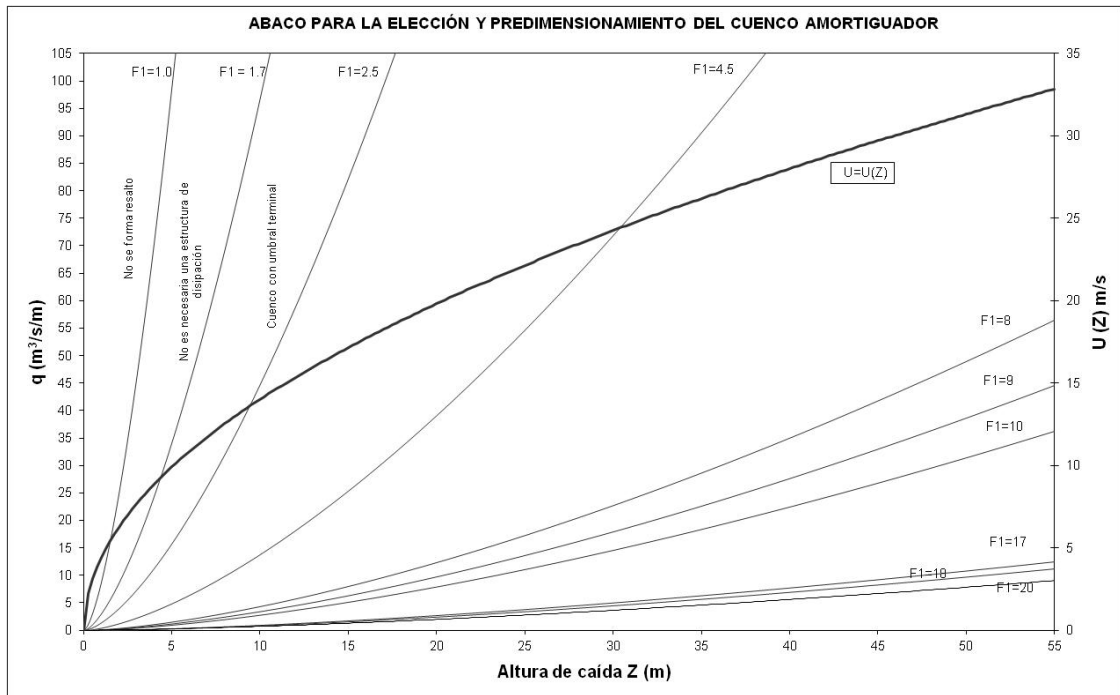


Figura 4.14. Curvas en el plano Z y q , para diferentes números de Froude F_1 . (Fernández-Bono, J.F y Vallés Morán, F.J., 2000).

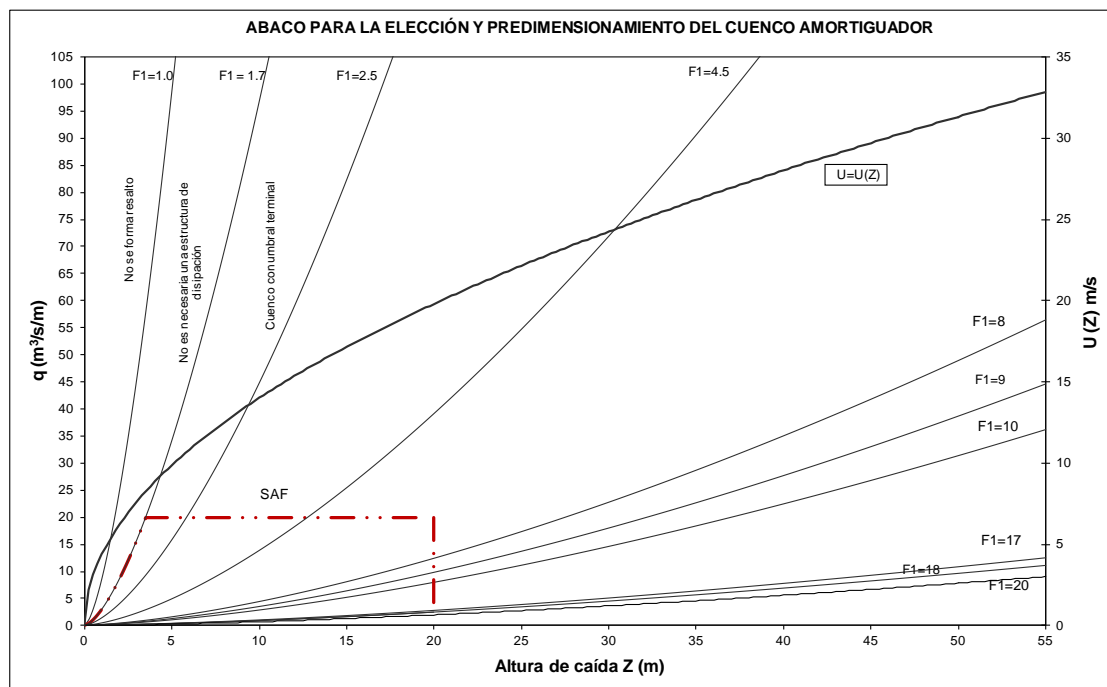


Figura 4.15. Ábaco de selección y predimensionamiento del Cuenco Amortiguador Tipificado. Cuenco SAF. (Fernández-Bono, J.F, et al., 2000).

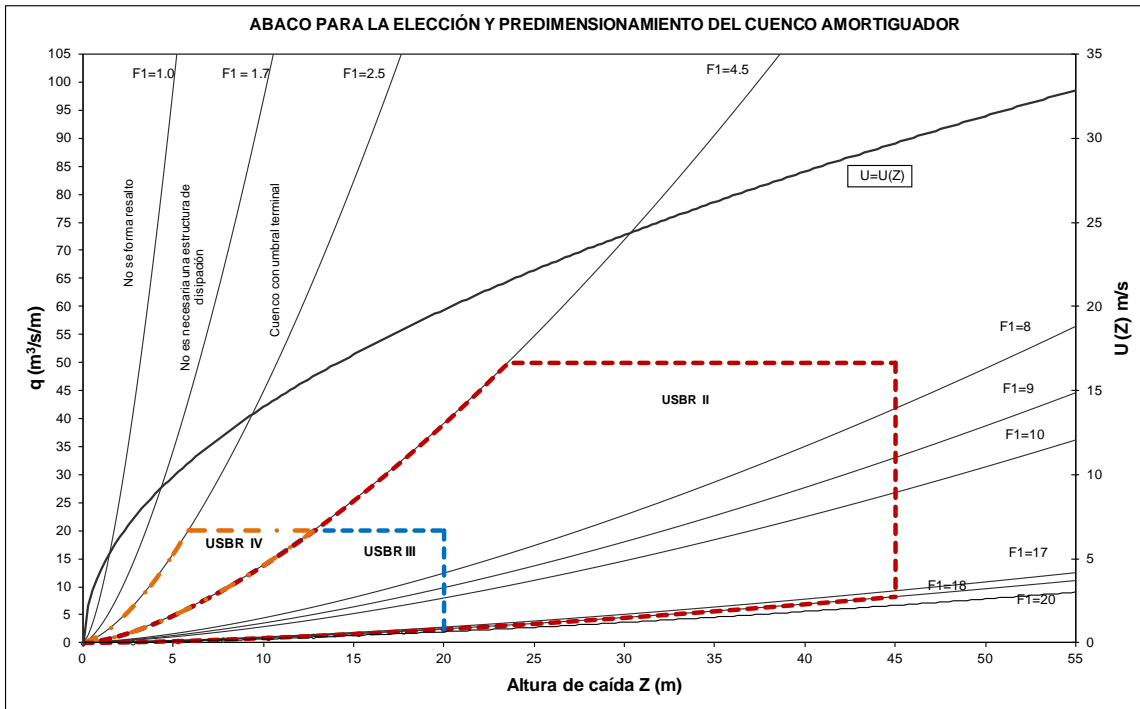


Figura 4.16. Ábaco de selección y predimensionamiento del Cuenco Amortiguador Tipificado. Familia USBR. (Fernández-Bono, J.F y Vallés Morán, F.J., 2000).

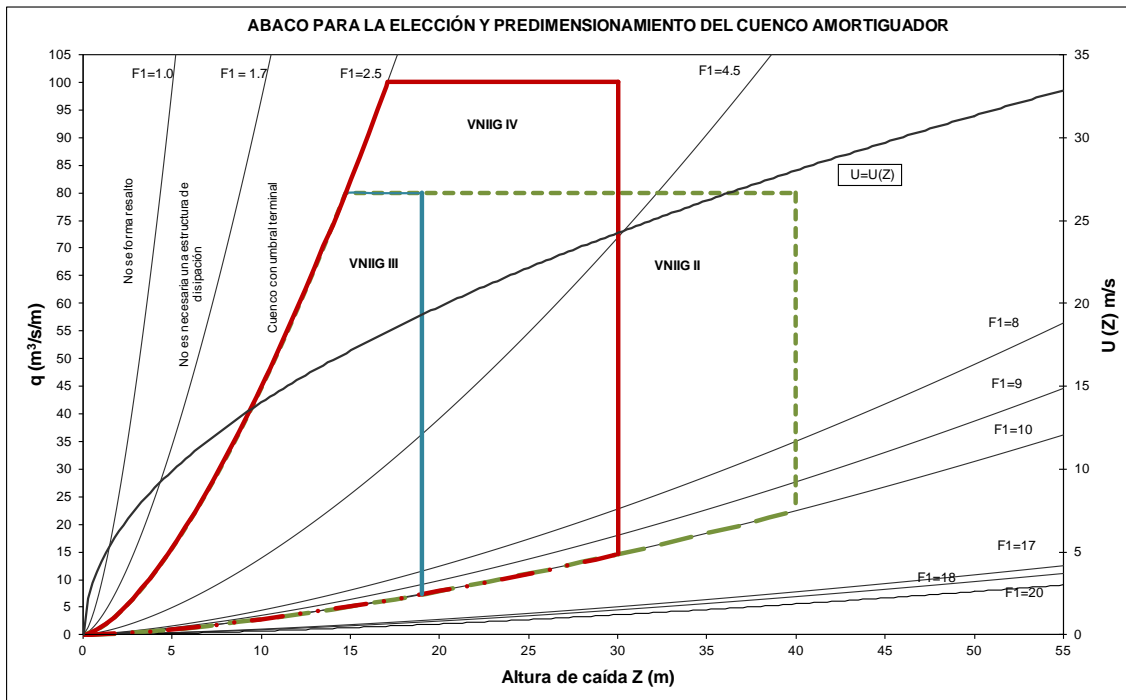


Figura 4.17. Ábaco de selección y predimensionamiento del Cuenco Amortiguador Tipificado. Familia VNIIG. (Fernández-Bono, J.F y Vallés Morán, F.J., 2000).

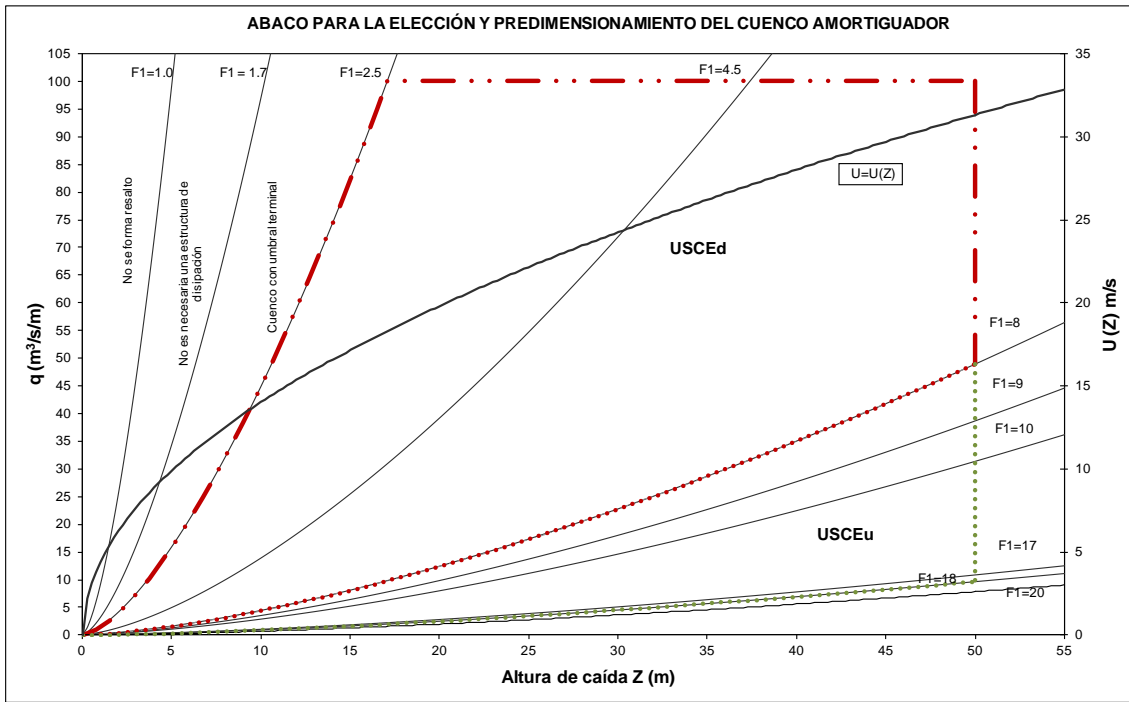


Figura 4.18. Ábaco de selección y predimensionamiento del Cuenco Amortiguador Tipificado. Familia USCE. (Fernández-Bono, J.F y Vallés Morán, F.J., 2000).

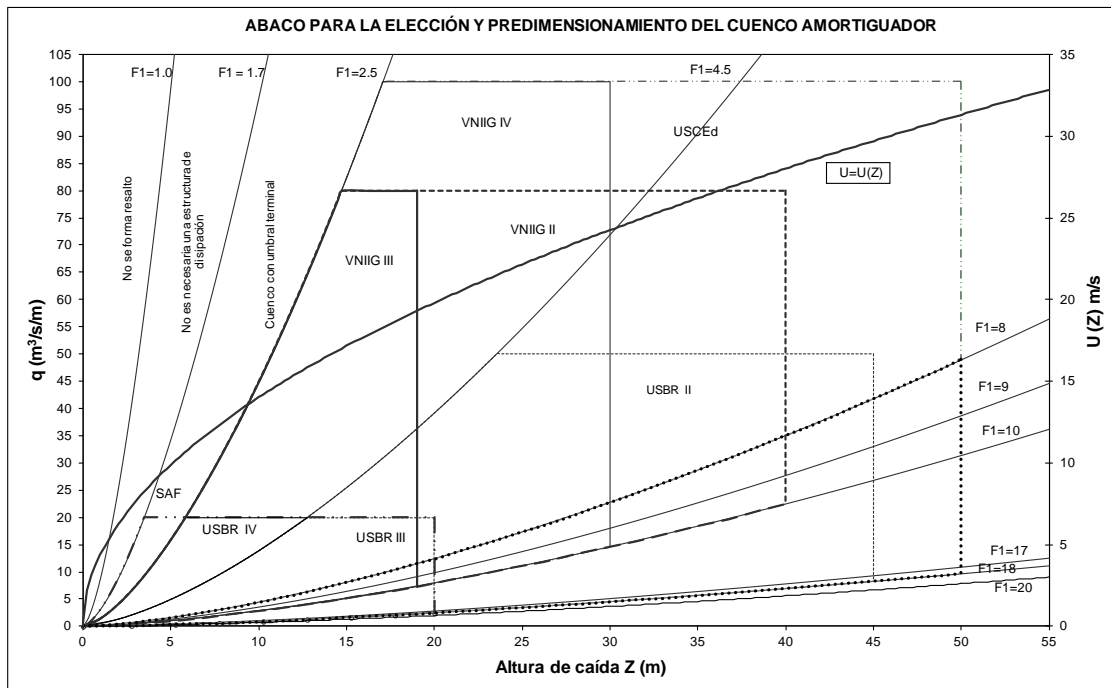


Figura 4.19. Ábaco Completo de selección y predimensionamiento del Cuenco Amortiguador Tipificado. (Fernández-Bono, J.F y Vallés Morán, F.J., 2000).

Se elije la mejor opción basándose tanto en criterios técnicos como económicos. Entre los primeros, se destaca que se deben de tener en cuenta las características particulares de cada cuenco. Entre los segundos, la combinación entre el cuenco y el terreno sobre el que se

ubicará. Por ejemplo, a mayor cota de solera y menor longitud correspondiente en cuenco menos coste porque se reducen los volúmenes de excavación y de obra.

El ábaco será útil en el caso de la remodelación del aliviadero de una presa existente, por ejemplo, por aumento de la capacidad de desagüe (incremento de q) o por su recrecimiento (variación de Z , si aumenta la cota del umbral del vertedor y/o la carga hidráulica sobre el mismo). En este caso, con los nuevos valores de Z y q , se verificará si sigue siendo válido el tipo de cuenco amortiguador existente.

Se ha visto que el ábaco presentado puede ser una herramienta útil para el estudio de soluciones de este tipo de obras, agilizando y facilitando la fase de búsqueda de alternativas técnicamente viables.

Para el caso en los que los valores de los parámetros Z y q , queden fuera del campo de aplicación de los llamados cuencos tipificados, existen varias posibilidades, que a nivel metodológico se dividen en dos grandes grupos:

1°.- Planteamiento de soluciones singulares, diseñando un cuenco no tipificado con elementos disipadores adicionales de tipología particular o con cambios de dimensión respecto de los estandarizados.

2°.- Realizar actuaciones que modifiquen las características hidráulicas del flujo a la entrada del cuenco (U_i y F_i). El objetivo es conseguir unas condiciones tales que permitan el uso de los cuencos tipificados ya descritos. Una de las posibles actuaciones es la aireación del flujo al pie de la rápida como ya se mencionó anteriormente.

CAPÍTULO 5. AIREACIÓN.

5.1. Introducción.

En relación al desarrollo de los capítulos anteriores y con la finalidad de abarcar los alcances de los objetivos propuestos, se tiene que, las altas velocidades que se generan en gran parte de las estructuras hidráulicas de las presas originan, en unos casos, una fuerte interacción entre el agua fluyente y el aire que las rodea, de manera que éste se introduce en el seno del agua en forma de burbujas, mientras que en otras situaciones la carencia de aire en cantidades suficientes puede dar lugar a depresiones importantes y a problemas de cavitación. Todas estas circunstancias, englobadas bajo la denominación de aireación, deben de ser tenidas en cuenta para un correcto diseño y funcionamiento de dichas estructuras.

Por lo que de entre algunas de las estructuras de los órganos de desagüe de las presas en las que se produce el fenómeno de la aireación son:

- Canales de descarga de los aliviaderos superficiales o en túnel.
- Aliviaderos en pozo cuya capacidad de desagüe ha de ser tal que permita evacuar tanto el agua como el aire arrastrado.
- Aliviaderos escalonados.
- Vertidos con caída libre, en los que existe una gran interacción aire-agua.
- Dispositivos amortiguadores de energía: cuencos de resalto y trampolines.
- Compuertas y válvulas con funcionamiento en lámina libre o en carga.
- Desagües profundos con funcionamiento en lámina libre o en carga.

Como es sabido, se tiene que para el flujo en aliviaderos el fenómeno de la aireación se suele conocer bajo la denominación de **arrastre de aire**, ya que este es transportado por el agua. Por lo que los efectos de arrastre del aire están relacionados con muchos factores, de entre los cuales se incluyen parámetros geométricos, parámetros hidráulicos y modos de entrada del aire.

Como ya se menciona en el Capítulo 3, el tipo de cavitación analizada es la hidrodinámica, la cual se produce en los líquidos en movimiento como consecuencia de reducciones locales de la presión, y está directamente relacionada con los flujos a altas velocidades.

Otra característica común de los procesos hidrodinámicos, en relación a la reducción de la aparición del fenómeno de la cavitación, es su utilización también como auto-aireadores para mejorar la concentración de aire en el agua (Leutheusser et al, 1973; Toombes y Chanson, 2006). Desde este punto de vista, uno puede esperar encontrar una correlación positiva entre la eficacia de la aireación y la disipación de energía. Vischer y Hager (1995) define la disipación de la energía como un proceso de mezcla, que se originó en un flujo de vórtice y

turbulencia. Para la inclusión de aire, estos remolinos contienen energía a gran escala que deben superar las fuerzas de tensión superficial mediante la creación de perturbaciones en la superficie (Ervine y Falvey, 1987).

Los datos proporcionados por Apted y Novak (1973), Avery y Novak (1978), Willhelms et al. (1981), y Kucukali (2006) fueron utilizados para volver a analizar diversos prototipos con la finalidad de investigar la eficiencia de la aireación en el salto hidráulico en términos del concepto de energía.

Las principales investigaciones que de modo sistemático se han llevado a cabo sobre el fenómeno de la aireación comienzan, en Europa, con los trabajos de Ehrenberger (1926, 1930) y de Ludin (1928). Ehrenberger analizó el fenómeno en laboratorio contrastando sus resultados con casos reales, observó como las gotas de agua proyectadas desde la superficie de la corriente al retornar a la misma eran las responsables de la introducción del aire en el flujo. También registró la concentración de este elemento a diferentes profundidades.

Por lo que respecta a EEUU, ya en 1915 el USBR considera la aireación de la lámina como remedio contra los daños que la cavitación había originado en los aliviaderos y desagües de algunas de sus presas. Houk (1927) también hace mención a problemas relacionados con la aireación en relación con la presa Willwood. Hasta mediados de los años 30 no aparecen los primeros trabajos específicos, los cuales se deben a Lane (1936, 1939) y a Stevens (1938). Posteriormente, en los años 40, se tienen los estudios de Hall (1943), que analiza el arrastre de aire en las rápidas de algunos aliviaderos, los de Hickox (1945), que descubre el mecanismo causante de la aireación y los de Gumensky (1949), que analiza la aireación en los cuencos amortiguadores de energía y el efecto del aire sobre la distribución de presiones.

En los años 70 proliferan las investigaciones, aparecen los trabajos de Rao et al. (1968, 1970 y 1971) en los que figura un procedimiento teórico para la determinación de la concentración de aire y la velocidad del flujo en las zonas turbulentas próximas y alejadas de los cajeros. Gangadharaiah et al. (1968 y 1970) calculan la cuantía del aire arrastrado y analizan el comienzo del fenómeno. Thandaveswara y Rao (1978) estudian experimentalmente este mismo asunto y Falvey (1979) propone una fórmula para obtener la concentración media de aire en un flujo uniforme aireado, entre otros aspectos.

En el presente capítulo se aborda el efecto de la aireación en las estructuras hidráulicas de las presas con funcionamiento en lámina libre, fundamentalmente de los aliviaderos superficiales y los dispositivos amortiguadores (cuencos).

Se exponen algunas características prácticas importantes de estudios desarrollados por varios investigadores, que deben tenerse en cuenta para el diseño de los órganos de desagüe de las

presas en relación con los tipos de aireación existentes: la aireación natural la cual se produce en las estructuras antes mencionadas como consecuencia de la agitación de la corriente y la aireación artificial provocada mediante dispositivos adicionales llamados “aireadores”. Esta última se plantea cuando la aireación natural resulta insuficiente y pueden existir daños por cavitación.

La inclusión de aire es un tipo de medida eficaz y de bajo costo para reducir los daños por cavitación.

Basándose en una investigación de los rangos de descarga de aliviaderos escalonados, Pfister et al. (2006a, b) encontró que las limitaciones en el rendimiento se producen tanto en las descargas grandes como en las pequeñas. Grandes descargas tienen el potencial de daños por cavitación a lo largo del tramo de agua oscura de la primera etapa hasta el punto incipiente de aireación inferior. Para eludir parcialmente estas dos limitaciones se introdujo una forma de escalón y un aireador escalonado.

Una de las consecuencias que puede acarrear el flujo del agua en un vertedero escalonado aguas arriba del mismo es que pueden llegar a presentar la cavitación para grandes caudales específicos de descarga, debido a la ausencia de aire en el fondo del mismo, hasta que éste alcanza su punto de auto-aireación.

5.2. Formas de aireación del flujo.

Para el caso de aliviaderos, el proceso de aireación, conocido como “arrastre de aire”, puede producirse, según ya se ha indicado, de un modo natural o artificial.

La aireación natural puede ocurrir, por alguna de las siguientes causas:

- a) Agitación superficial del agua circulando a altas velocidades, la cual arrastra el aire circundante. El caso más representativo de esta situación es el de las rápidas de los aliviaderos (aireación longitudinal).
- b) Vórtices de eje perpendicular al flujo. En este caso se encuentran los resaltes hidráulicos o el choque de un chorro de agua sobre una superficie del mismo líquido (aireación local).
- c) Vórtices de eje paralelo al del flujo. Es el caso de los aliviaderos en pozo o el de obras de toma que temporalmente pueden quedar excesivamente someras (aireación local).

La aireación artificial se produce mediante mecanismos más complejos que los presentes en la aireación natural, entre ellos, la agitación superficial y los vórtices de eje paralelo al flujo (Figura 5.1).

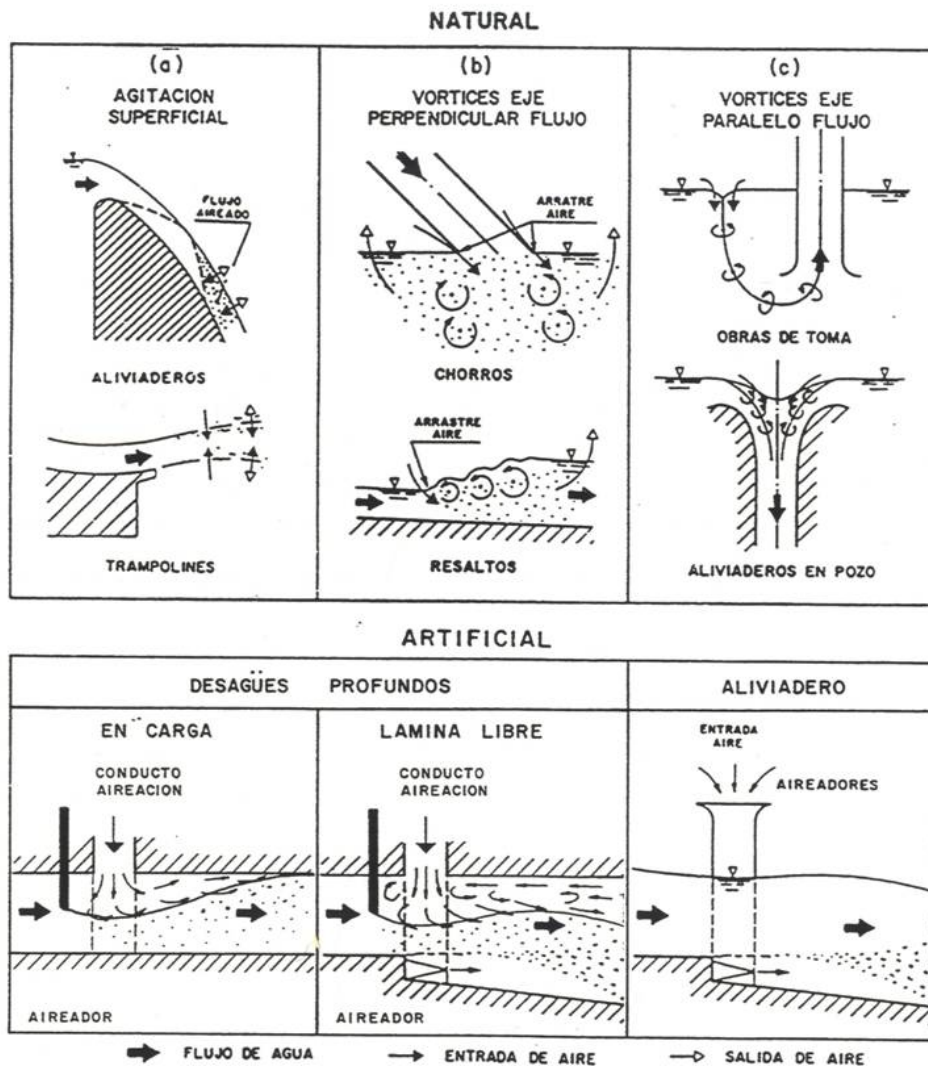


Figura 5.1 . Formas de aireación del flujo. (Gutiérrez Serret y Palma Villalón, 1994)

En todos los procesos de aireación se distinguen tres etapas:

- **Admisión:** el aire penetra en el agua.
 - o Lámina libre: arrastre.
 - o Carga: demanda (succión).
- **Transporte:** el aire fluye junto con el agua.
- **Salida:** el aire introducido sale del agua.
 - o Lámina libre: capacidad de salida ilimitada.
- **Carga:** capacidad de salida limitada (acumulaciones, bolsas, etc.).

La magnitud de cada una de estas etapas determina la cuantía de aire que en cada momento existe en el flujo. En la admisión y en la salida dicha cuantía es función de las condiciones de contorno de cada caso, mientras que en el transporte depende de la velocidad ascensional de las burbujas de aire introducidas en la corriente y de la velocidad general del flujo, pudiendo, darse las siguientes situaciones:

- **Agua en reposo:** capacidad de transporte nula. Las burbujas ascienden por flotación a la superficie donde desaparecen.
- **Agua con velocidades reducidas:** las burbujas incorporadas son desplazadas por la corriente, pero ésta puede ser afectada por las burbujas de forma importante en lo que se refiere a calados, velocidades y presiones.

Agua a altas velocidades: la capacidad de transporte aumenta, llegando a establecerse un equilibrio entre la tendencia ascensional de las burbujas y el efecto mezcla originado por la turbulencia, cuando la longitud del conducto es suficientemente grande.

En cada una de ellas el funcionamiento hidráulico del conjunto agua-aire es diferente. Así en las dos primeras situaciones (agua en reposo o en movimiento con velocidades moderadas), la influencia de las burbujas de aire es determinante, pues sus fuerzas de flotación son las que conforman la velocidad del flujo y su grado de turbulencia. Por el contrario en los casos de altas velocidades, situación usual en las estructuras hidráulicas de las presas, los efectos de las burbujas de aire sobre el flujo no son determinantes, comportándose las mismas como si fueran sedimentos en suspensión que son arrastrados por el agua, circulando a su misma velocidad.

5.3. Parámetros característicos de la aireación.

Se emplean con carácter general varios parámetros para cuantificar el aire que es arrastrado por el agua. Los más utilizados son:

5.3.1. Concentración de aire (C).

Es la relación entre el volumen de aire existente en la mezcla aire-agua y el volumen total de ésta:

$$C = \frac{V_a}{V_m} = \frac{V_a}{V_a + V_w} \quad (5.1)$$

donde:

V_a = volumen del aire.

V_w = volumen del agua.

V_m = volumen de la mezcla aire-agua.

En la hipótesis de que ambos componentes circulen a igual velocidad, como ocurre en las estructuras hidráulicas de las presas, la ecuación (5.1) se puede poner de la siguiente forma:

$$C = \frac{Q_a}{Q_a + Q_w} \quad (5.2)$$

donde:

Q_a = caudal del aire.

Q_w = caudal del agua.

5.3.2. Concentración de agua (ω).

Es la relación entre el volumen de agua y el volumen de la mezcla.

$$\omega = \frac{V_w}{V_a + V_w} = \frac{Q_w}{Q_a + Q_w} \quad (5.3)^1$$

5.3.3. Coeficiente de aireación (β).

Es la relación del caudal de aire al caudal de agua existente en la mezcla.

$$\beta = \frac{Q_a}{Q_w} \quad (5.4)^2$$

¹ Esta expresión es válida, al igual que en el caso de la concentración de aire (C), cuando los dos componentes circulan a igual velocidad, como ocurre usualmente en las estructuras hidráulicas de las presas, en las que el agua transporta en su seno a las burbujas de aire a altas velocidades.

² Cuando la cantidad de aire es pequeña: $C \approx \beta$.

5.3.4. Densidad de la mezcla (ρ_m).

Está dada por:

$$\rho_m = \frac{\rho_w Q_w + \rho_a Q_a}{Q_a + Q_w} \quad (5.5)$$

donde:

ρ_a = densidad del aire.

ρ_w = densidad del agua.

La determinación de estos parámetros, bien para flujo en lámina libre o en carga, han sido objeto de investigaciones por diferentes autores.³

Adicionalmente, y para caracterizar los flujos aireados con funcionamiento en lámina libre, se requiere introducir algunos conceptos relativos a la concentración de aire, el calado y a la velocidad. Dichos conceptos son:

– **Concentración.**

- Concentración local o puntual (C): es la que existe a una determinada profundidad o en una zona localizada.
- Concentración media (\bar{C}): es el promedio de las concentraciones puntuales que en cada sección transversal existen a diferentes profundidades.

– **Calados.**

La gran irregularidad superficial que se produce en los flujos aireados determina que junto al concepto tradicional y teórico de calado emulsionado sean necesarios otros adicionales (Figura 5.2). Estos conceptos son:

- **Calado emulsionado (y_e):** es el correspondiente a la mezcla agua-aire supuesta uniforme su superficie.
- **Calado característico de una cierta concentración (y_c):** es el calado correspondiente a la profundidad en la que se alcanza dicha concentración C . Es usual considerar concentraciones entre el 90 y el 99%.

³ Sus expresiones se exponen en los capítulos 2 y 3 de Gutiérrez Serret y Palma Villalón, “Aireación en las Estructuras Hidráulicas de las Presas: Aliviaderos y Desagües Profundos”, 1994.

- **Calado equivalente de agua (y_w):** es con el que teóricamente fluiría el agua, supuesta independiente del aire, pero circulando a la velocidad media real de la mezcla agua-aire.⁴

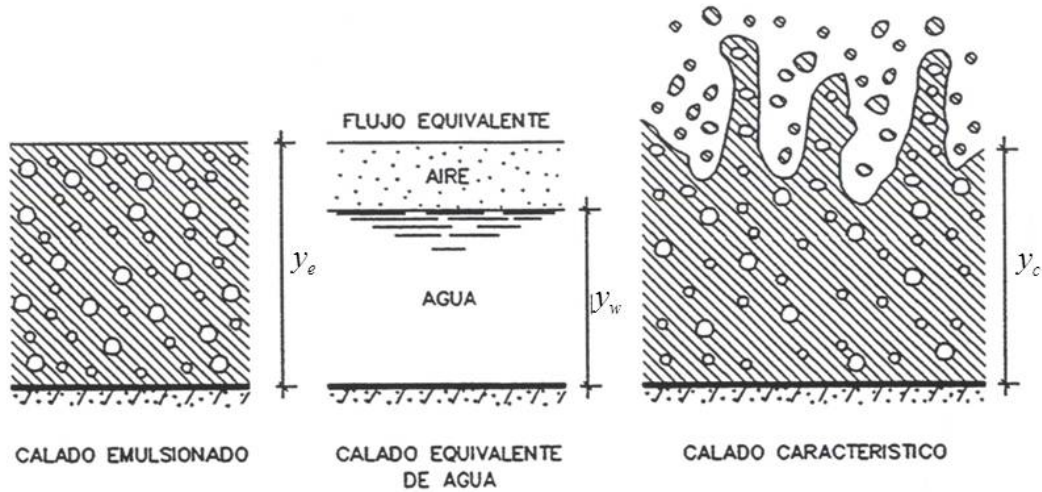


Figura 5.2. Calados. (Gutiérrez Serret y Palma Villalón, 1994)

– Velocidad.

- Velocidad característica de una cierta concentración C (V_c): es la velocidad puntual a la profundidad en la que se alcanza la concentración C .

Entre los calados y_c , y_w y la concentración media \bar{C} se verifica la siguiente relación:

$$(1 - \bar{C}) y_c = y_w \quad (5.6)$$

5.4. Aireación natural.

El mecanismo de la aireación de un flujo de agua circulando en un canal a altas velocidades tiene su origen en la gran turbulencia que reina en la corriente, merced a la cual las velocidades de las partículas experimentan grandes variaciones temporales, y en particular su componente ortogonal hacia el exterior del flujo (V) es tal, que determinadas partículas tienen momentáneamente la suficiente energía cinética como para vencer la acción gravitatoria y la tensión superficial del agua, produciendo así una proyección de gotas y de rociaciones de este elemento en el aire.

⁴ Flujo equivalente: es la situación teórica en la que se considera el agua y el aire fluyendo por separado, pero a la misma velocidad que en la realidad tendría la mezcla agua-aire.

En esta situación las gotas más finas son mantenidas en suspensión por la turbulencia del aire próximo a la corriente, formando una neblina junto al agua, mientras que las más gruesas en la superficie del agua al cerrarse, como consecuencia de su tensión superficial, atrapan burbujas de aire.

Parte de las gotas anteriores son arrastradas hacia zonas inferiores del flujo mientras que las restantes ascienden y abandonan el agua por efecto del empuje hidrostático y como consecuencia de fenómenos de difusión. Configurándose así, en función de que exista o no equilibrio entre las burbujas arrastradas y las diferentes zonas que caracterizan los flujos aireados (Figura 5.3).

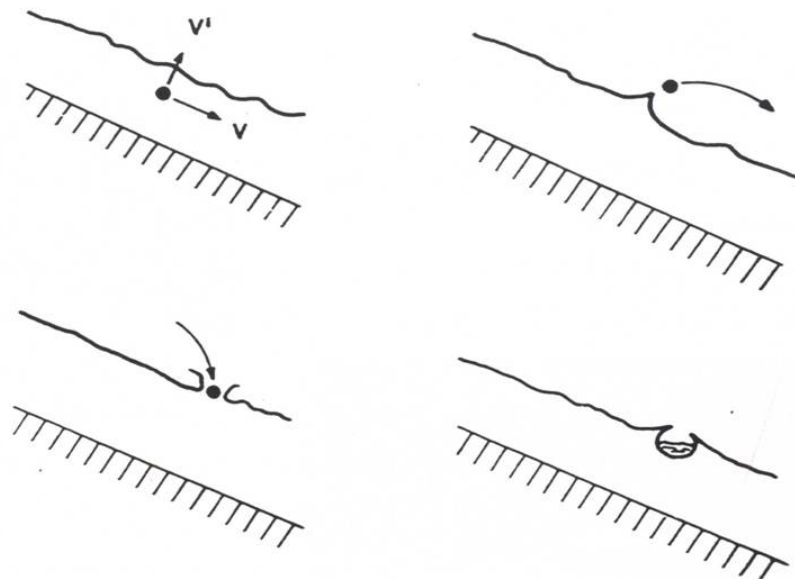


Figura 5.3. Proceso esquemático de una gota. (Gutiérrez Serret y Palma Villalón, 1994).

Las gotas, que proceden de desgajes producidos en los rociones, son las que, al tener una mayor energía, introducen fundamentalmente el aire en la corriente. El proceso de aireación descrito es el que se produce de forma continua en las rápidas de los aliviaderos. Sin embargo, también pueden producirse aireación del flujo, aunque de forma localizada, en los resaltes hidráulicos o cuando un chorro de agua choca con una masa de este mismo elemento.

Otras situaciones en las que se produce aireación de forma continua son las caídas libres de lámina o chorros, circunstancias que tienen lugar en los aliviaderos de las presas de bóveda, en los lanzamientos de los trampolines o en los desagües profundos que descargan el aire. En estos casos y los rociones proyectados desde la corriente ya no vuelven a ella únicamente por acción de la gravedad, sino que además al seguir, la mayoría de ellos, la dirección de la corriente con trayectorias similares acaban siendo alcanzados por ésta, atrapando así a las burbujas de aire.

5.4.1. Estructura transversal del flujo.

La estructura transversal del flujo aire-agua en un conducto a cielo abierto circulando a alta velocidad puede dividirse, de acuerdo con Killen y Anderson (1969), en las cuatro zonas siguientes (Figura 5.4):

a) Zona superficial.

Constituye la parte externa del flujo y básicamente está formada por aire sobre el que se proyectan gotas de agua procedentes de la zona de mezcla.

b) Zona de mezcla.

Es la zona donde se produce la máxima interacción aire-agua. El aire es atrapado en forma de burbujas por el agua merced a la gran agitación que existe en la superficie, y a su vez ésta es lanzada al aire. En dicha superficie se produce un oleaje de magnitud y frecuencia aleatoria.

c) Zona intermedia.

Situada bajo la zona de mezcla, comienza donde la agitación superficial el agua deja de existir. La concentración de aire en esta capa depende de la cantidad de burbujas de este elemento que son atrapadas por el agua y del tamaño de las mismas, siendo la turbulencia del flujo la responsable de la cuantía de dicha concentración.

d) Zona sin airear.

Esta zona se presenta cuando la aireación no ha llegado a desarrollarse por completo en toda la sección transversal del canal.

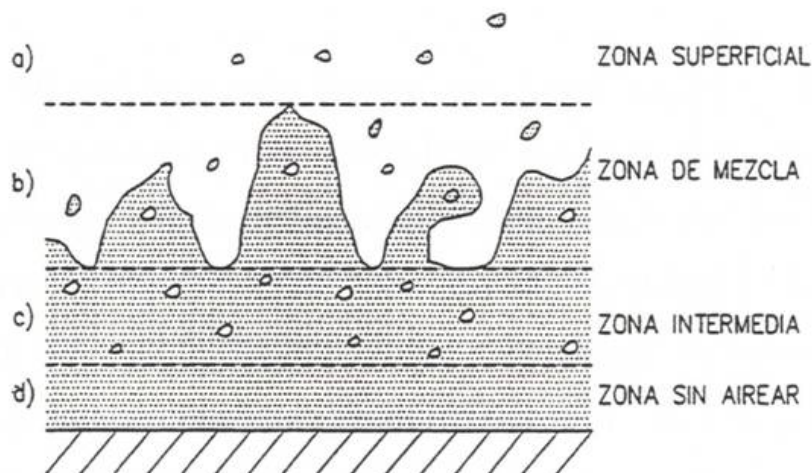


Figura 5.4. Estructura transversal del flujo, aireación natural. (Killen y Anderson, 1969)

5.4.2. Estructura longitudinal del flujo.

La configuración longitudinal del flujo aireado es la siguiente (Figura 5.5):

1) Zona sin aireación.

La turbulencia de la corriente no es la necesaria para provocar el arrastre de aire. El aspecto del agua es cristalino y su superficie relativamente lisa y tranquila. Conforme se avanza hacia aguas abajo la capa límite va desarrollándose hasta que alcanza la superficie del flujo en un punto denominado **PUNTO CRÍTICO**, a partir del cual comienza el proceso de aireación, tomando el agua apariencia lechosa a la vez que su superficie comienza a agitarse.

2) Zona de aireación gradual (flujo gradualmente aireado).

Se distinguen las dos siguientes subzonas:

a. Aireación parcial.

El nivel de turbulencia en la superficie de la corriente es tal que el aire empieza a ser introducido en el agua y es arrastrado por ésta, incrementándose así su concentración en el sentido de aguas abajo. En cada sección hay partes con aire y otras sin él.

b. Aireación total.

El arrastre de aire continúa y éste alcanza la solera de la rápida. La concentración de aire va aumentando longitudinalmente a merced del mayor grado de turbulencia que va existiendo, hasta que se alcanza el equilibrio entre el aire introducido en la corriente y el que sale de la misma. En este caso las secciones transversales están aireadas en todo su calado por lo que ya no hay zonas sin aire (la zona d, no existe).

3) Zona de aireación uniforme.

La concentración de aire permanece constante longitudinalmente, la cantidad de aire que entra en el flujo es igual a la que sale, manteniéndose esta situación mientras no se produzcan variaciones en la geometría de la rápida (ancho o pendiente), que caso de acaecer podrían llegar a provocar la reaparición de alguna de las zonas anteriormente descritas. Se necesitan longitudes de aliviadero grandes para que se alcance esta zona.

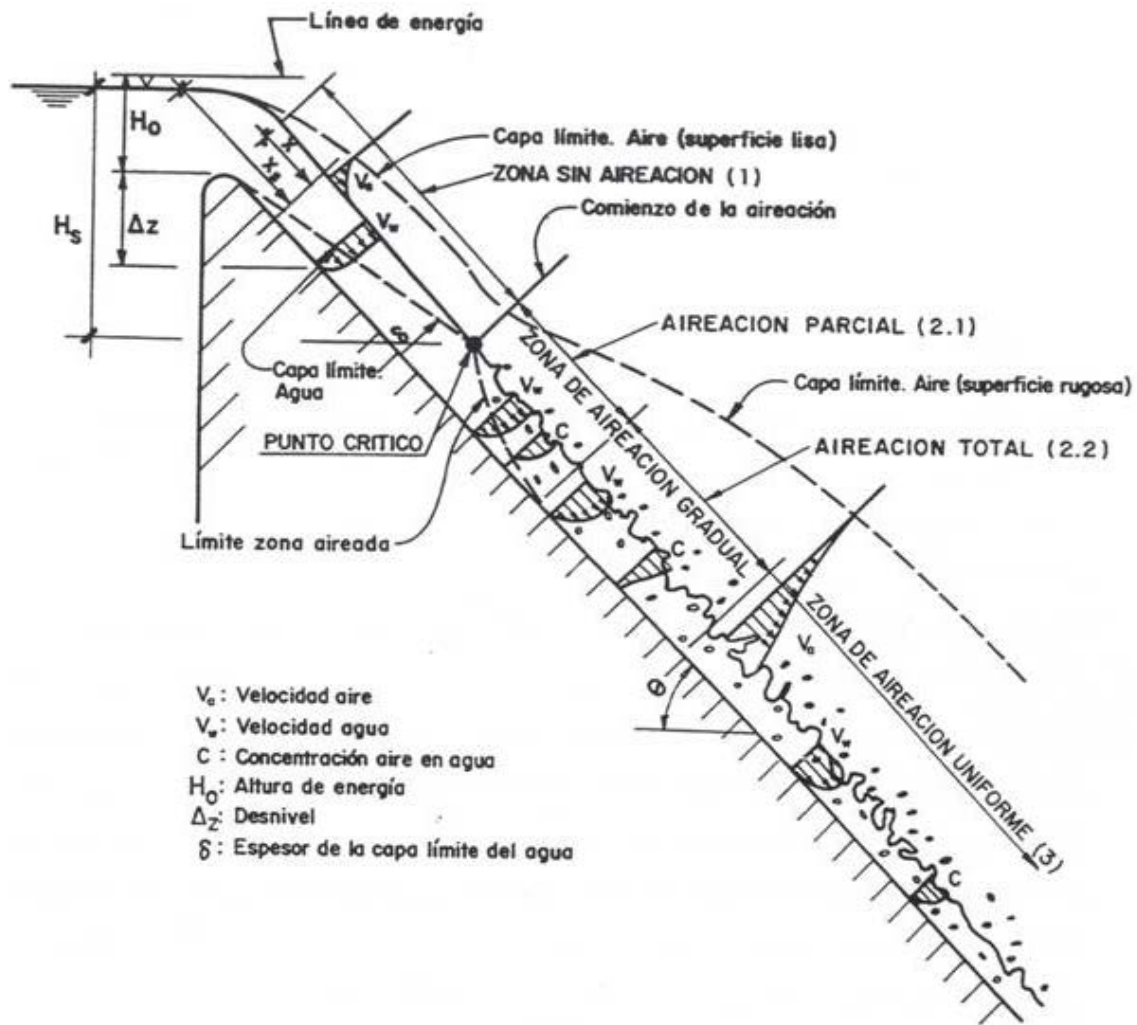


Figura 5.5. Estructura longitudinal del flujo, aireación natural. (Falvey, 1980).

5.4.2.1. Zona sin aireación, punto crítico.

Tradicionalmente se ha considerado que el proceso de aireación del flujo se inicia cuando la capa límite alcanza la superficie del agua, circunstancia que tiene lugar en el punto denominado “Punto Crítico”.

Sin embargo, en la realidad la aireación comienza un poco antes del encuentro de la capa límite con la superficie del agua, pudiendo además, existir aguas abajo del Punto Crítico zonas localizadas en las que aún no se haya desarrollado la aireación. Todo esto se debe a la irregularidad que presenta el contorno de la lámina de agua y especialmente el de la capa límite (Figura 5.6).

Además de que la capa límite alcance la superficie del agua, para que comience la aireación del flujo es necesario que el grado de turbulencia sea tal que pueda superarse la tensión superficial. Esta situación se alcanza para valores del número de Froude superiores a 5 ó 6.

La posición del Punto Crítico y las características del flujo en el mismo (calado y velocidad) son función de la pendiente y de la rugosidad de la rápida, así como del caudal que por la misma circule.⁵

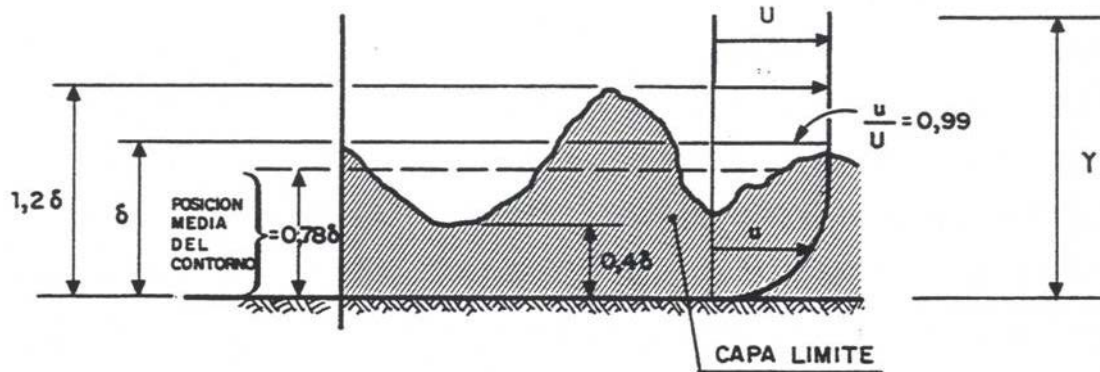


Figura 5.6. Esquema de la capa límite rugosa. (Daily y Harleman, 1966).

5.4.2.2. Zona de aireación uniforme.

Debido a una mayor simplicidad del proceso en la zona de aireación uniforme y el interés que gran parte de los conceptos y razonamientos utilizados en esta zona se tienen para la de aireación gradual, recomiendan estudiar primeramente esta región de aireación uniforme, en la que ya se ha alcanzado el equilibrio entre el aire atrapado por la corriente y el que la abandona y posteriormente la de aireación gradual.

El análisis que se presenta para determinar los principales parámetros que caracterizan los flujos aireados, así como la evaluación del efecto que sobre el rozamiento ejerce la presencia del aire se expone en Gutiérrez Serret (1994).⁵

5.4.2.3. Zona de aireación gradual.

Es la zona intermedia en la que el proceso de aireación progresa de modo gradual “zona de aireación gradual”. Toda esta zona de aireación gradual está caracterizada por una variación local de la concentración de aire, la velocidad y el calado de la corriente. Puede asimilarse su funcionamiento al del movimiento gradualmente variado de un fluido con densidad variable, en el que su valor y el de la concentración de aire son dos incógnitas adicionales a las usuales, velocidad y calado, de los flujos sin airear.

⁵ Las ecuaciones para el cálculo de los principales parámetros que caracterizan los flujos de los aireadores se exponen en Gutiérrez Serret y Palma Villalón, “Aireación en las Estructuras Hidráulicas de las Presas: Aliviaderos y Desagües Profundos”, 1994.

Wood (1985, 1991) y Chanson (1992) aceptaron en este tipo de flujos las siguientes hipótesis:

- i. La concentración de aire y la velocidad de la mezcla aumentan lentamente.
- ii. La distribución de la presión en el flujo agua-aire es hidrostática.

Con estas dos premisas se plantean las ecuaciones de continuidad para el aire y de la energía para la mezcla agua-aire, resultando así un sistema de dos ecuaciones diferenciales, cuya integración permite obtener la concentración media de aire y el calado de la mezcla a lo largo de la rápida.

En resaltos hidráulicos y chorros sumergidos, el flujo de alta turbulencia y la existencia de una estructura de fuerte mezcla, generan una interface aire-agua que garantizan la transferencia de aire (Kucukali y Cokgor 2006). El término **auto-aireación** es el medio de transferencia de oxígeno del aire hacia el agua a través de una superficie libre y que tiene importantes implicaciones ambientales y ecológicas por las corrientes de agua contaminadas que tienen bajos niveles de oxígeno disuelto (OD) (Kucukali 2005). La eficiencia de aireación se calcula con la ecuación propuesta por Gameson (1957):

$$E = \frac{C_d - C_u}{C_s - C_u} = 1 - \frac{1}{\exp(K a t)} \quad (5.7)$$

donde:

- E = eficiencia de la aireación, cuyo rango es: 0 sin aireación y 1 en saturación.
C_u = concentraciones de oxígeno disuelto aguas arriba de una estructura hidráulica.
C_d = concentraciones de oxígeno disuelto aguas abajo de una estructura hidráulica.
C_s = concentraciones de saturación de oxígeno disuelto.
K = coeficiente de transferencia de masa de aire-agua (m/s).
a = área de contacto aire-agua por unidad de volumen (m²/m³).
t = tiempo de residencia de la burbuja.

5.5. Aireación artificial.

En el caso de la aireación artificial ésta puede provocarse en los aliviaderos cuando la natural resulta ser insuficiente.

De entre las distintas opciones posibles para luchar contra la cavitación, en el caso de los aliviaderos (y por supuesto junto a la adopción de diseños que no produzcan presiones bajas y a terminaciones cuidadas de los parámetros), destaca la aireación artificial de la corriente como solución sencilla y de resultados satisfactorios.

Con esta alternativa, en las zonas con riesgo de cavitación⁶, en las que la aireación natural no sea la suficiente para que en la solera se alcancen concentraciones de aire del 7-8%⁷, se construyen dispositivos de aireación los cuales succionan aire introduciéndolo en el flujo para así alcanzar las concentraciones deseadas. Estos dispositivos se denominan **aireadores**.

Los primeros dispositivos de aireación se instalaron en aliviaderos correspondientes a las presas Norteamericanas de Grand Coulee, Glen Canyon, Yellowtail, Blue Mesa, Flaming Gorge, Kortes y otras, la mayoría de ellas pertenecientes al USBR. Paralelamente también se ejecutan los de las presas ex-Soviéticas de Brask y Nurek. Posteriormente se disponen aireadores en los aliviaderos de Mica (Canadá), Toktogul (ex-URSS), San Roque (Filipinas) y Karum (Irán), entre otros.

Información más general y detallada sobre algunas de estas presas y otras, se puede ampliar en las comunicaciones del XIII Congreso de la ICOLD de Nueva Delhi (1979) y del XX de la IAHR de Moscú (1984), así como con las de los simposios de la IAHR de Essilingen (1984) y Beijing (1989) y entre otras en las publicaciones de Jansen (1988), Pinto (1989), Pinto et al (1982), Rutschmann y Volkart (1988), Chanson (1989), Falvey (1990), en el Boletín 87 de la ICOLD (1991) y en el Manual No. 4 de la IAHR.

5.5.1. Tipos de aireadores.

Se pueden considerar tres tipos básicos de aireadores: *rampas*, *escalones* y *ranuras* (Figura 5.7). Sin embargo, en la práctica, ninguno de ellos por separado satisface por completo los requisitos que se les exigen a estos dispositivos, suministro homogéneo y suficiente aire, perturbaciones pequeñas del flujo, etc. Por esta razón suelen utilizarse de forma combinada.

I. Rampas.

Son también denominadas deflectores, fueron los primeros dispositivos de aireación que se emplearon, utilizándose en aliviaderos, diseñados como remedio contra la cavitación. Suministran, para caudales reducidos, cantidades elevadas de aire, a merced al gran alcance que puede tener el chorro y al gran tamaño de la cavidad que bajo el mismo se forma, pero no funcionan bien para caudales con gran rango de variación y además provocan perturbaciones significativas en el flujo. Su altura suele oscilar entre 0.10 y 1 m y el ángulo entre 5 y 15°.

⁶ Se rige mediante el número de cavitación siguiente: $\sigma < 0.2 - 0.25$.

⁷ Concentraciones en el fondo del 7 – 8%, impiden daños en hormigones para velocidades de 25 – 30 m/s e incluso superiores.

II. Escalones.

Son de fácil ejecución cuando van incluidos en el proyecto, suministran cantidades de aire suficientes para caudales elevados gracias a la superficie que el aire tiene para penetrar bajo la lámina, la cual es mayor que en las rampas, y producen menores perturbaciones que éstas. Su altura suele variar entre 0.5 y 2 m.

III. Ranuras.

Son frecuentes en túneles, en obras ya ejecutadas y aguas abajo de las compuertas, presentan riesgos de potenciales anegamientos con caudales pequeños por lo que deben disponer del correspondiente drenaje. La demanda de aire que provocan suele ser pequeña pues prácticamente no existe cavidad entre la lámina y el contorno. Son frecuentes profundidades entre 0.2 y 2 m y anchos de entre 1 y 2 m.

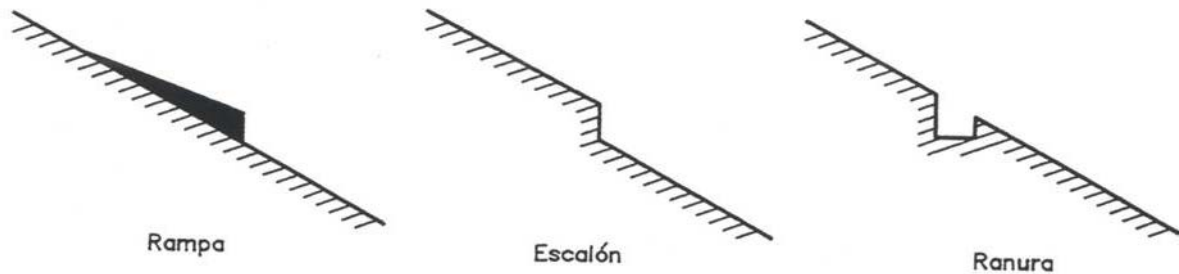


Figura 5.7. Aireadores, tipos básicos. (Volkrt y Rutshman, 1991).

El funcionamiento de cada uno de estos dispositivos es similar, sin embargo las curvas de demanda de aire son diferentes en cada caso, lo que determina la elección de uno u otro tipo y su utilización conjunta (Figura 5.8). Generalmente se sitúan en la solera del aliviadero y algunas veces también en los cajeros.

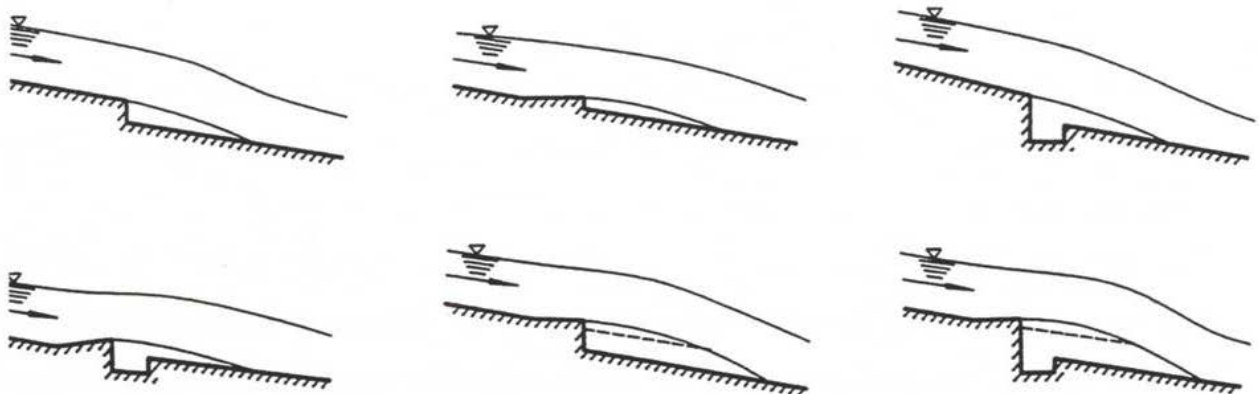


Figura 5.8. Aireadores, tipos combinados. (Volkrt y Rutshman, 1991).

En las disposiciones combinadas las ranuras se utilizan indistintamente con escalones y/o rampas y en el reparto de funciones de cada tipo básico, las rampas determinan el funcionamiento para caudales reducidos, los escalones lo hacen para descargas elevadas, alargando la trayectoria del chorro y las ranuras facilitan espacio para el suministro de aire de forma homogénea (Figura 5.9).

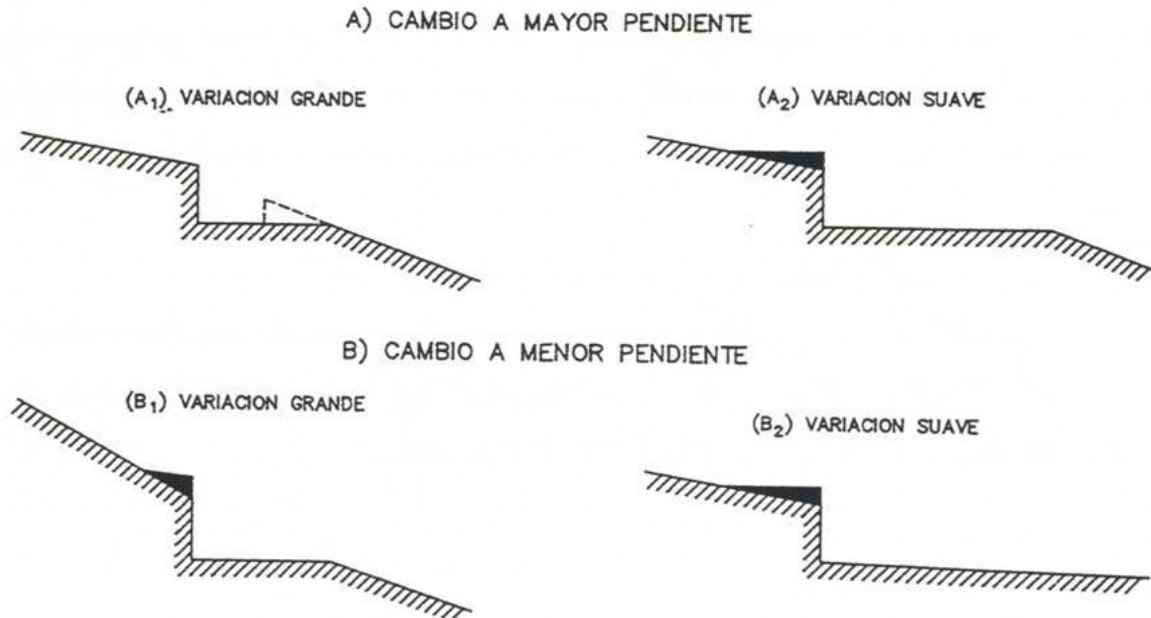


Figura 5.9. Aireadores, según pendiente del aliviadero. (Volkrt y Rutshman, 1991).

Junto a estos elementos, en muchos casos se disponen conductos de aducción de aire situados en los cajeros, los cuales pueden continuarse o no a través de la solera.

5.5.2. Mecanismo de la aireación artificial y estructura longitudinal del flujo.

5.5.2.1. Mecanismo de la aireación.

El proceso de aireación que se produce en un aireador se inicia con el trayecto de la lámina de agua a lo largo de la rampa (zona de transición) y posteriormente despegue de la solera al sobrepasar dicho elemento o el escalón del aireador. Durante este trayecto se produce un aumento de presiones en relación con la hidrostática, lo que conlleva un mayor rozamiento y un incremento de la turbulencia. Cuando se produce el despegue aparece una cavidad bajo la corriente sometida a presiones subatmosféricas y aumenta de nuevo la turbulencia, de manera que la diferencia de presión respecto de la atmosférica origina una succión de aire (demanda de aire), y la turbulencia, al vencer la tensión superficial del agua, hace que ésta arrastre el aire succionado, produciéndose así la **aireación del flujo a través de su contorno inferior**, para el caso de los chorros o las caídas libres.

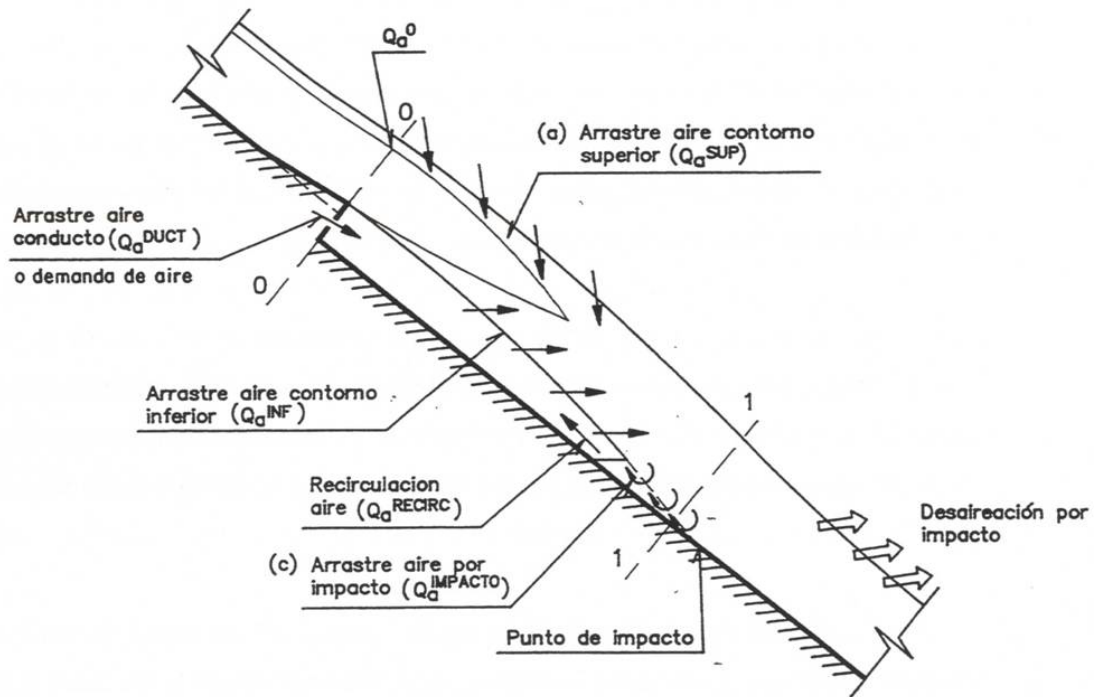
Simultáneamente a esta aireación, **por la superficie externa de la corriente también se produce un arrastre de aire** como consecuencia del incremento de turbulencia mencionado. Entre ambas superficies queda una lengua sin airear que va disminuyendo progresivamente hacia aguas abajo.

A medida que la lámina de agua avanza y se va expandiendo continúa aumentando la turbulencia y por lo tanto, los dos procesos de arrastre de aire mencionados, los cuales se conocen bajo la denominación de **aireación por contornos**.

Adicionalmente a estos procesos de aireación por contornos existen otros dos, **aireación por impacto y recirculación de aire en la cavidad**, provocados por los remolinos que se forman al final de la cavidad por efecto de la gran turbulencia y el elevado gradiente de presiones que se forma en la zona de impacto de la lámina.

Cuando se produce el choque de la corriente con la solera, la turbulencia y el gradiente de presiones son muy elevados, alcanzándose los máximos de todo el proceso y a resultas de los mismos se originan una zona de remolinos fuertemente aireada ($\bar{C} > 40\%$) con burbujas de 5 a 10 mm que, por un lado provoca un arrastre de aire adicional **“arrastre de aire por impacto”** y por otro lado la introducción de este elemento en la cavidad **“recirculación de aire”**. Paralelamente una parte significativa del aire arrastrado por el flujo es expulsado hacia el exterior de la corriente en el denominado proceso de **desaireación por impacto**.

Una vez sobrepasada la zona de impacto la circulación de la mezcla agua-aire continúa con movimiento gradualmente aireado, pudiendo alcanzarse o no situaciones de flujo uniforme aireado en las zonas abajo del aliviadero de forma similar a como ocurre en los casos de aireación natural (Figura 5.10).



* $Q_{a\text{ DUCT}}$ se conoce generalmente como "demanda de aire"

Figura 5.10. Introducción del aire en el flujo por medio de Aireación artificial. (Gutiérrez Serret y Palma Villalón, 1994).

5.5.2.2. Estructura longitudinal del flujo.

Todo el proceso descrito puede estructurarse en las cinco zonas siguientes (Figura 5.11):

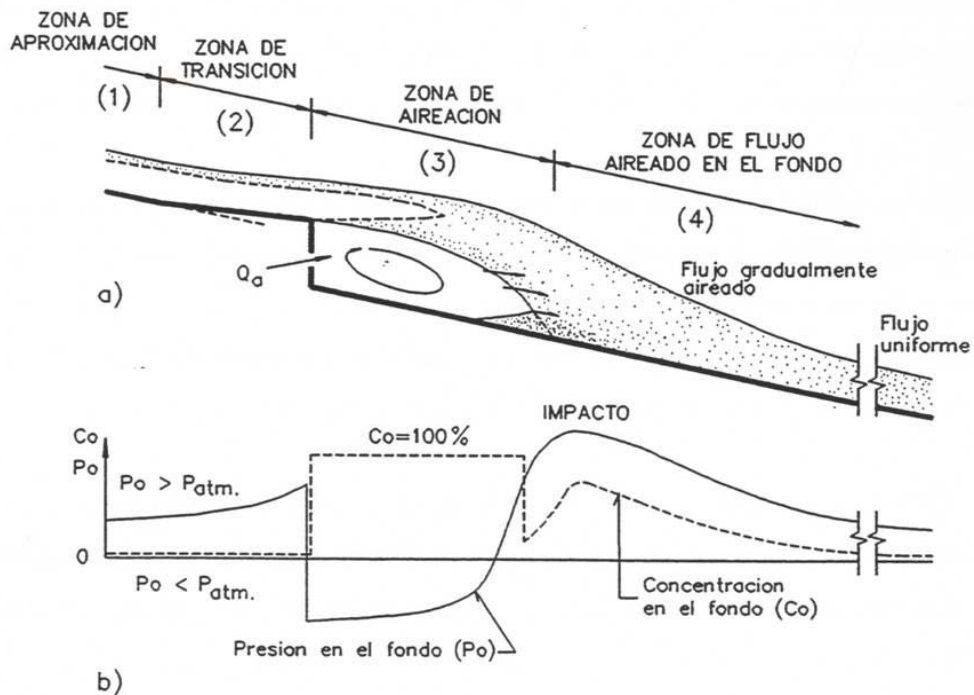


Figura 5.11. Estructura longitudinal del flujo y distribución de presiones y concentraciones en el fondo. (Gutiérrez Serret y Palma Villalón, 1994).

1. Zona de aproximación.

La concentración de aire en la solera es nula o insuficiente ($C_o < 6 - 8\%$) o incluso puede no haberse iniciado aún la aireación de la corriente. Las condiciones del flujo en esta zona “calado, velocidad, turbulencia, concentración de aire, etc.” son determinantes para el funcionamiento del aireador.

2. Zona de transición.

Esta zona coincide con la rampa, desapareciendo si la misma no existe. En ella el flujo es desviado por dicho elemento aumentando así las presiones en relación con las hidrostáticas hasta que en el extremo de la rampa, al aparecer la cavidad, las mismas decrecen rápidamente, alcanzándose, en general, valores subatmosféricos. En esta zona aumenta el rozamiento agua-hormigón y consecuentemente se incrementa el nivel de turbulencia.

3. Zona de aireación.

Comienza donde la lámina se despega de la solera, terminando cuando esta vuelve a tomar contacto (chocando) con el fondeo de la rápida. Se forma así una cavidad bajo el flujo y el aire es arrastrado desde los contornos inferior y superior de la corriente, produciéndose también una aireación local en el punto de impacto de la lámina y una recirculación de aire en la cavidad, por efecto de la turbulencia que localmente genera el choque del chorro.

En esta zona pueden distinguirse dos subzonas. En la primera, situada en la parte de aguas arriba, aún existe una lengua o núcleo central de lámina sin aireación **zona de aireación incompleta**. En la segunda el aire ya se ha extendido por toda la corriente zona de **aireación completa** (Figura 5.12).

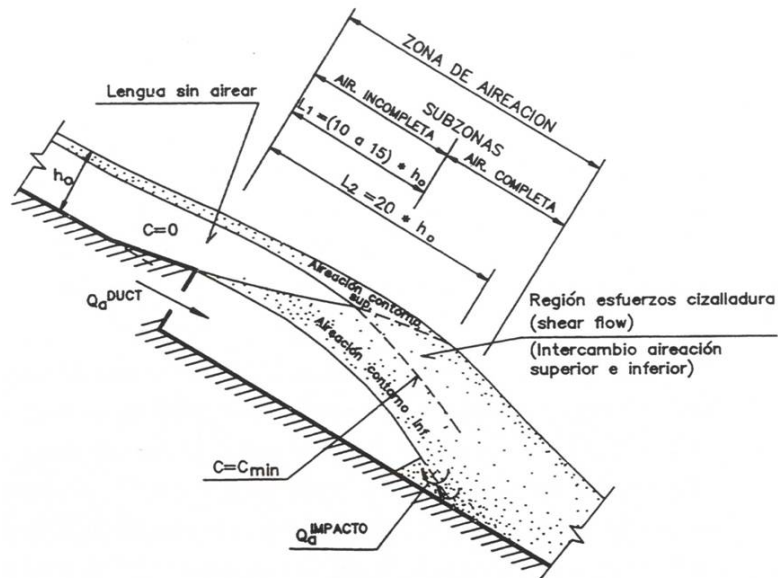


Figura 5.12. Zona de aireación. (Gutiérrez Serret y Palma Villalón, 1994).

4. Zona de impacto.

Se produce el choque de la lámina con la solera, apareciendo una zona del flujo altamente turbulento en la que se originan unas importantes pérdidas de energía. La presión es superior a la atmosférica, alcanzándose los máximos de todo el proceso (Figura 5.13).

Junto a estos procesos de arrastre de aire y desaireación que se producen en la zona de impacto tienen lugar la introducción de aire en la cavidad, fenómeno que se conoce como “arrastre por recirculación”.

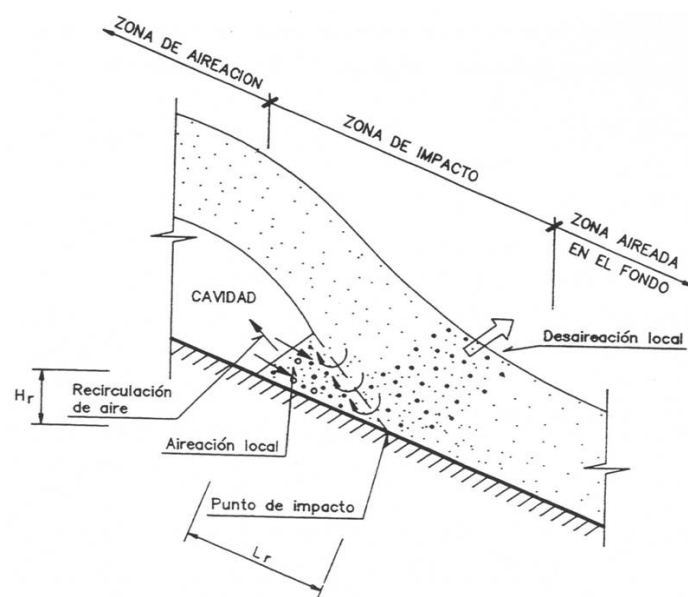


Figura 5.13. Zona de impacto. (Gutiérrez Serret y Palma Villalón, 1994).

5. Zona de flujo aireado en el fondo.

Sobrepasada la zona de impacto, el agua fluye en régimen de aireación natural de forma que inicialmente el flujo es gradualmente variado, pasando luego, si la longitud de la rápida es suficiente, a régimen de aireación uniforme.

5.5.3. Realizaciones internacionales de la aplicación de aireación artificial.

De entre la gran gama de casos que se han presentado en relación a la aplicación de la aireación artificial, a continuación se describe una relación de algunas de las principales presas en las que se han dispuesto aireadores en sus aliviaderos, así como las características destacables de estos dispositivos. Sin embargo, un análisis llevado a cabo evidencia que el empleo de estos dispositivos pueden llegar a ser innecesarios o provocar excesos de aireación (Figuras 5.14 – 5.17).

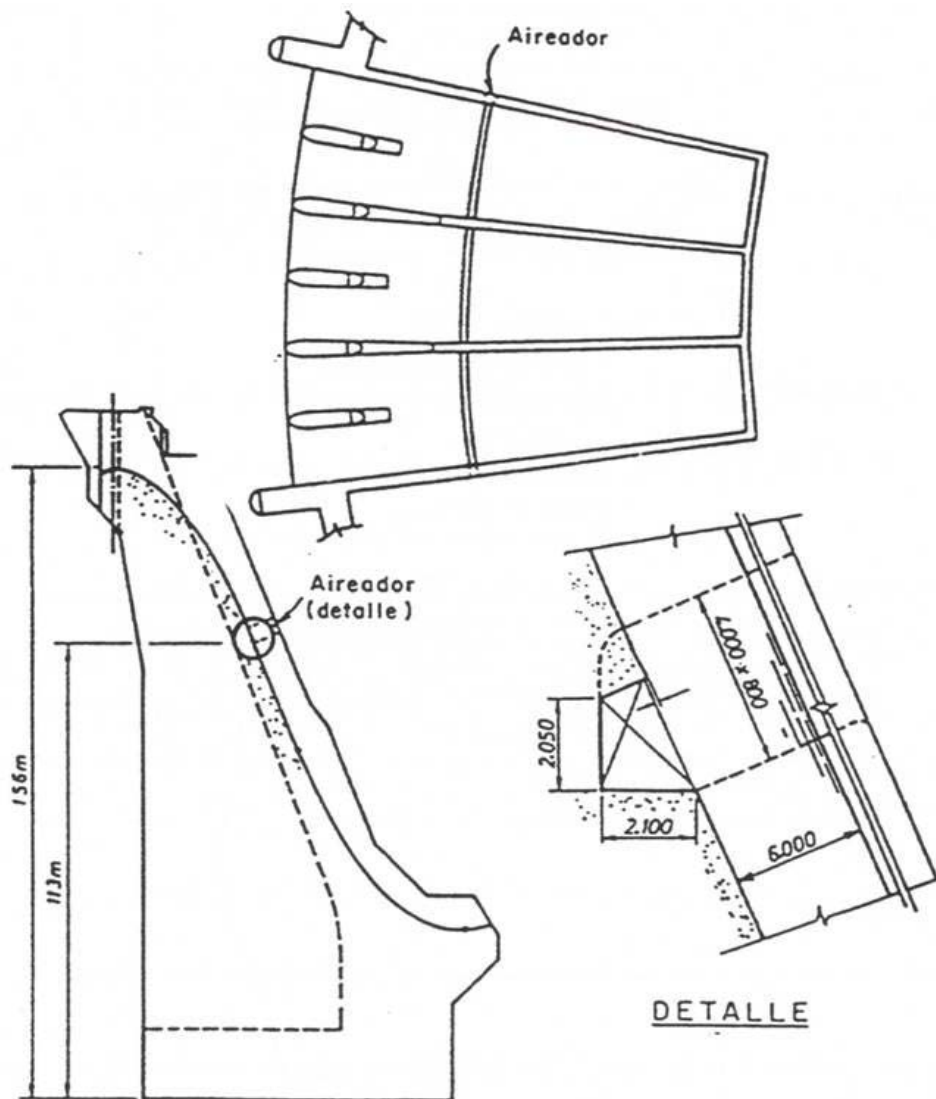
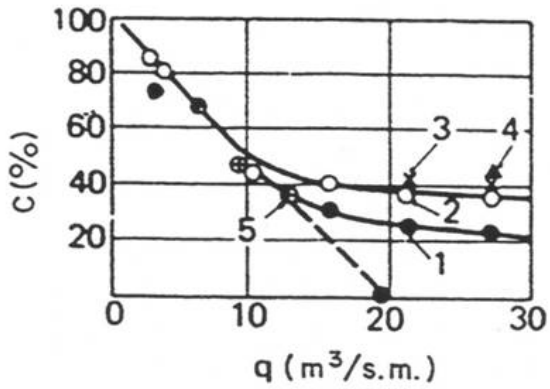
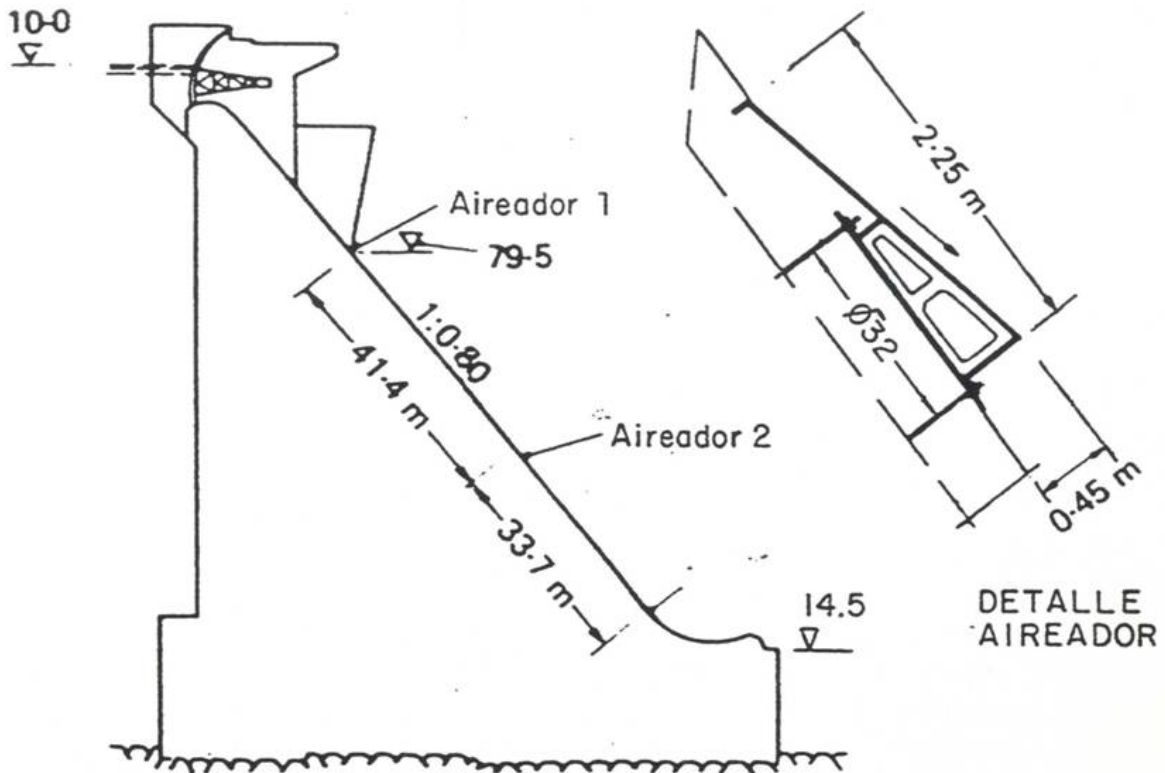
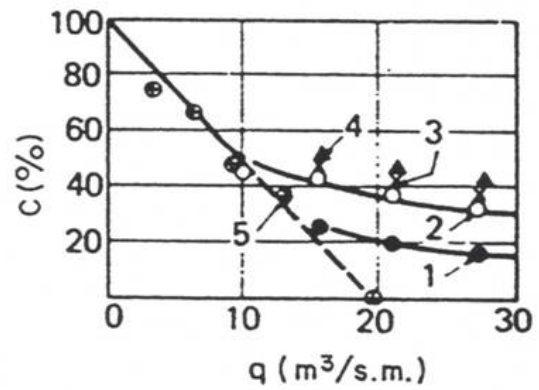


Figura 5.14. Aireación artificial en aliviadero de la presa de Amaluza (Ecuador). (Pinto, 1991).



Aeradores 1 y 2



Aerator 1

- 1.- Concentración en la solera (C_0)
- 2, 3 y 4.- Concentración puntual a 2,7 y 15 cm de la solera (C)
- 5.- Concentración media en los 15 cm próximos a la solera (\bar{C})

Figura 5.15. Aireación artificial en aliviadero de la presa Bratsk (URSS).
(Oskolkov y Semenov, 1979; Quintela, 1980).

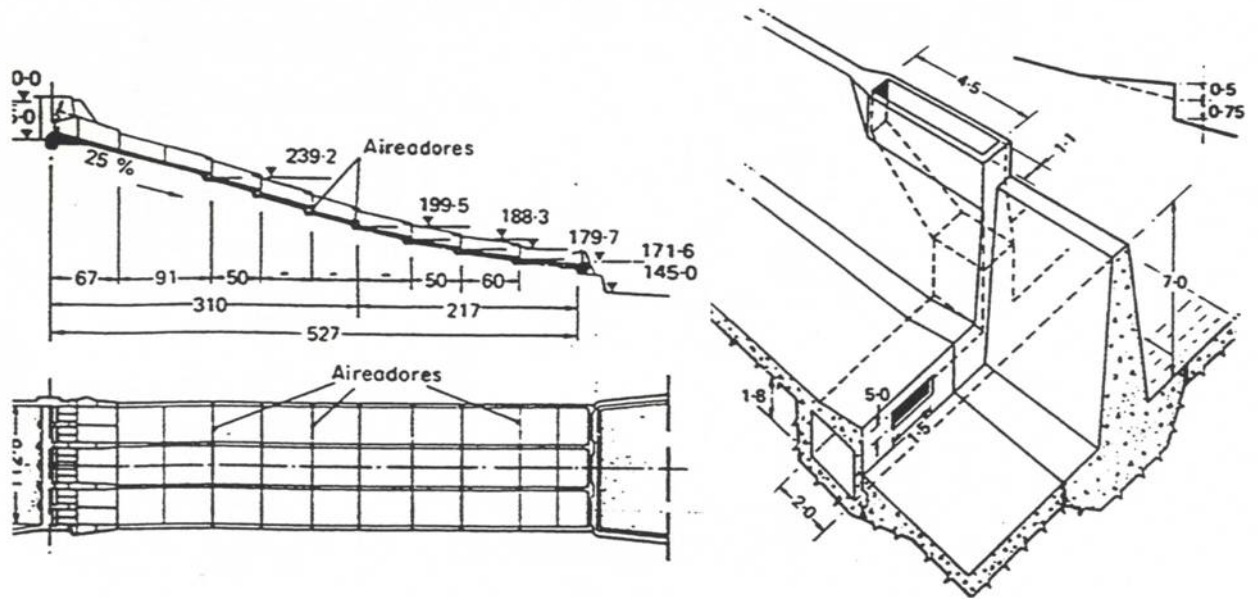


Figura 5.16. Aireación artificial en aliviadero de la presa San Roque (Filipinas). (Eccher y Siegenthaler, 1982).

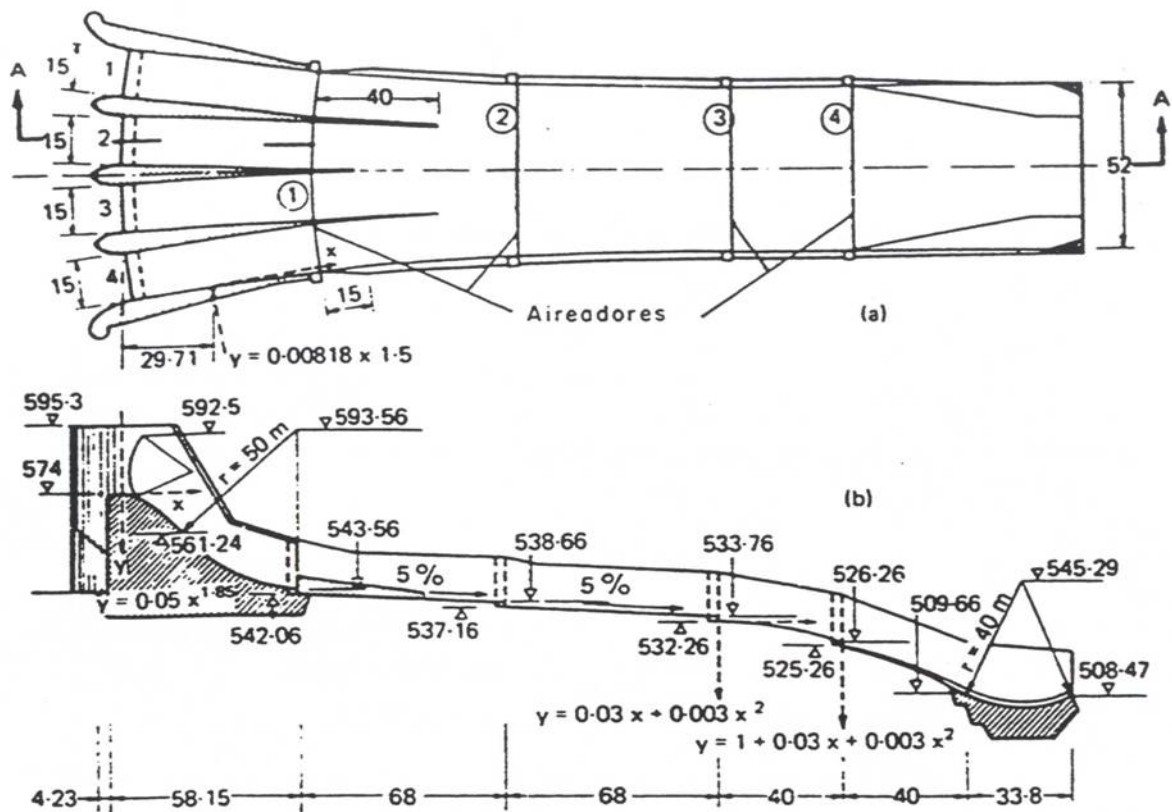


Figura 5.17. Aireación artificial en aliviadero de la presa Piedra del Aguila (Argentina). (Bruschin, 1985).

5.5.4. La influencia de la aireación en la cavitación.

El término auto-aireación es el medio de transferencia de oxígeno del aire hacia el agua a través de una superficie libre. Los aireadores artificiales tienen la función de aumentar la concentración de aire en el flujo reduciendo la disipación de energía en el cuenco amortiguador.

Con la incorporación de un dispositivo de aire se permite reducir el riesgo de cavitación el cual es incluido a menudo como un elemento de seguridad adicional.

La inclusión de aire es un tipo de medida eficaz y de bajo costo para reducir los daños por cavitación. A principios de 1953 los experimentos de Peterka demostraron que la entrada de aire tiene efectos en la disminución de los daños por cavitación. Esta tecnología ha sido ampliamente utilizada en el comunicado de obras de grandes presas desde el inicio de la entrada de aire en la presa de Gran Goulee en 1960. El comportamiento, el mecanismo y la aplicación de entrada de aire para el control de los daños por cavitación han sido investigados desde hace más de medio siglo. Sin embargo, los daños graves por cavitación ocurren debido a complejos mecanismos de entrada de aire. Los efectos de arrastre del aire están relacionados con muchos factores, incluyendo los parámetros geométricos e hidráulicos, y la manera de incorporar el aire. La cavitación puede reducirse eficazmente cuando se presenta en el flujo una concentración de aire del 3 a 5% en la superficie de los materiales.

5.5.5. Investigaciones recientes en relación a la influencia de la aireación en la cavitación.

WU Jian-hua y LUO Cha (2011), llevaron a cabo un trabajo cuyo objetivo fue el de determinar los efectos de las maneras de incorporar aire en la disminución de los daños por cavitación, así como el de la presión de aire incorporado y la sección del túnel de aire. Se diseñó un dispositivo de prueba para las diferentes condiciones de entrada del aire. Los experimentos se realizaron a través de las maneras de incorporar aire con la utilización de un solo túnel de aire y de tres túneles de aire para encontrar las diferencias. Los resultados mostraron que la magnitud de la reducción de daños por cavitación está estrechamente relacionada el aire atrapado en función del número de túneles, así como la presión de aire incorporado. Por lo tanto, es importante diseñar de manera efectiva la entrada de aire.

Adicionalmente se tiene que el aumento de la presión de aire atrapado es un factor importante para reducir los daños por cavitación. Donde a mayor presión de aire y mayor área del túnel de aire. Con lo que se tienen un mejor control de los efectos de los daños por cavitación, debido a que proporcionan una mayor cantidad de aire y una mayor concentración de aire en el flujo en la superficie de los materiales.

S. Kucukali y S. Cokgor (2009), llevaron a cabo un estudio con el objetivo de mostrar el efecto de la descarga en la eficiencia de la aireación en el resalto hidráulico y para investigar el rendimiento del mismo en la aireación asociada al concepto de energía. La eficiencia de la auto-aireación ha sido investigada en función de la tasa de disipación de energía por unidad de longitud. Los datos de resalto hidráulico revelaron una relación lineal positiva entre la eficiencia de la aireación y la tasa de disipación de energía. Este nuevo procedimiento podría tener implicaciones prácticas para predecir la eficiencia de la aireación en el resalto hidráulico.

La tasa de disipación de energía puede representar la energía cinética de la turbulencia, lo que implica el papel principal de la turbulencia en el proceso de auto-aireación.

5.5.6. Investigaciones recientes en relación a la aireación en aliviaderos escalonados como modo para evitar los daños por cavitación.

El aireador de escalón en aliviaderos escalonados se ha introducido recientemente. Su propósito es pre-airear la zona comprendida entre la cresta del vertedero y el punto de aireación inferior incipiente para contrarrestar los daños por cavitación para vertidos de unidad de descarga relativamente grandes.

El uso de los aliviaderos escalonados ha mejorado el rendimiento y la economía de muchas presas con cuenco de hormigón compactado (RCC), donde la colocación del hormigón en capas permite una construcción económica y rápida de los aliviaderos escalonados aguas abajo de las presas. Estos aliviaderos han recuperado popularidad en las últimas dos décadas.

La principal ventaja de los vertederos escalonados sobre los vertederos suaves convencionales, además de la economía de la construcción, es la disipación significativa de la energía a lo largo de la rampa debido a la macro rugosidad de los escalones. Esto a su vez conduce a una marcada reducción de las dimensiones de cuenco amortiguador al pie del vertedero. Se disminuye el riesgo de cavitación resultante de un exceso de presión inferior a la atmosférica debido a las reducidas velocidades del flujo y a la gran cantidad de aire atrapado.

Basándose en una investigación de los rangos de descarga de aliviaderos escalonados, Pfister et al. (2006a, b) encontraron que las limitaciones en el rendimiento se producen tanto en las descargas grandes como en las pequeñas.

Dependiendo de la pendiente de la rampa y la altura del escalón, la producción de rocío se desarrolla por debajo de un cierto límite de descarga (Mateos Iguacel y García, 2000; Chamani, 2000).

El rocío es una molestia en la ingeniería hidráulica por diversas razones: 1) La erosión de los terraplenes adyacentes, 2) La generación de rocío y la producción de hielo en las regiones frías, 3) La pérdida de una cantidad significativa de la descarga durante vientos fuertes y 4) requerimiento de un resguardo importante.

TIAN Zhong, et al (2003), desarrollaron un trabajo cuyo objetivo era el debatir sobre los principales resultados de un programa de investigación y desarrollar una guía de diseño para disminuir la necesidad de estudios de un modelo físico. Del cual obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La profundidad característica de la mezcla uniforme está en función de la altura del escalón, la unidad de descarga y el ángulo de la rampa.
- La localización aproximada de la reducción de la longitud para alcanzar un flujo uniforme depende solamente del ángulo de la rampa de descarga y la unidad de descarga.
- El factor de fricción de la rugosidad del fondo se aproxima a una amplia gama de ángulos del aliviadero y a la rugosidad relativa.

El efecto significativo de la aireación en la reducción del factor de fricción está en función de la concentración media del aire.

Willi H. Hager, et al (2008), realizaron la forma de optimizar un aireador escalonado mediante el uso de un modelado hidráulico para diseñar el suministro de aire y para indicar las características de bloqueo del aireador. La mejora en la forma y el rendimiento del aireador escalonado se describen en términos de suministro de aire y el desarrollo del flujo de aire-agua en el aliviadero escalonado.

Además, se consideran las inserciones del escalón para reducir la formación de rocío en rampas escalonadas para pequeñas unidades de descarga, en combinación con el aireador escalonado. El rendimiento de las inserciones del escalón fue investigado y analizado en relación a su efecto sobre la formación de rocío.

El aireador escalonado en general, aumenta la altura máxima de rocío en las descargas más pequeñas en comparación a los aliviaderos escalonados estándar sin aireador escalonado. La inserciones en los primeros cinco escalones reducen significativamente el rocío a un aliviadero escalonado estándar.

António T. Relvas y António N. Pinheiro (1998), llevaron a cabo una investigación donde se hace referencia a la ubicación del punto de inicio, la distribución de la concentración de aire, y el régimen uniforme del flujo que ocurren en vertederos escalonados revestidos con bloques de hormigón en forma de cuña. Los datos se comparan con los resultados publicados de los aliviaderos escalonados con escalones rectangulares para establecer los criterios generales de diseño de estos dos aspectos de los aliviaderos con bloques en forma de cuña.

Ellos concluyeron que la concentración de aire y los perfiles de velocidad se pueden extrapolar a los prototipos teniendo en cuenta los efectos de escala detectados en el presente estudio, propusieron una expresión para localizar el punto de inicio para este tipo de rampa escalonada. La concentración vertical del aire está bastante bien adaptada por la expresión propuesta por Wood (1985) para los flujos en aliviaderos suaves, así como por el modelo propuesto por ADM Chanson (2001).

Basándose en el análisis de los vertederos escalonados revestidos con bloques de hormigón en forma de cuña, se proponen nuevas expresiones para calcular la concentración media del aire en el régimen de flujo uniforme, ecuación (5.8), y la longitud, a lo largo de la pendiente, necesaria para lograr un flujo uniforme, ecuación (5.9).

$$C_u = 0.9(\sin \theta)^{0.55} F^{-0.70} + 0.70 \sin \theta \quad (5.8)$$

donde:

- C_u = concentración media del aire.
- θ = ángulo del aliviadero con respecto a la horizontal.
- F = número de Froude.

La propuesta de aplicación de la ecuación (5.8) es de $18 < \theta < 27^\circ\text{C}$ y $F < 120$.

$$\frac{L_u}{k} = 22(\sin \theta)^{0.08} F^{0.72} \quad (5.9)$$

donde:

- L_u = longitud a lo largo de la pendiente.
- k = rugosidad.

Cuyo rango de aplicación es de $18 < \theta < 27^\circ\text{C}$.

Inés Meireles y Jorge Matos (2009), propusieron las fórmulas empíricas para la predicción de propiedades del flujo burbujeante aguas arriba del punto de inicio de entrada del aire para

vertederos escalonados con pendiente igual a 1V: 2H, así como la ubicación y la profundidad del flujo en el mismo punto de inicio.

La distribución de la velocidad está bien descrita por una ley de potencia. La normalización de la profundidad del agua clara y la normalización de la energía específica varía con la distancia relativa a lo largo del aliviadero, y la normalización del efecto de la profundidad crítica es insignificante. Finalmente, la tasa de disipación de energía era pequeña, con lo que se tiene implicaciones directas para el diseño del disipador de energía aguas abajo.

Willi H. Hager, et al (2005), dentro de sus análisis llevados a cabo obtuvieron que, entre otros, existen dos problemas básicos que aún no han sido abordados hasta ahora. Estos incluyen la reducción directa del rocío sobre los aliviaderos escalonados para descargas relativamente pequeñas por una mejorada geometría del borde del escalón y el daño de cavitación hasta el punto de auto-aireación para descargas relativamente grandes.

Esta investigación se suma a estos dos puntos de observación sistemática en rampas escalonadas de pendiente y tamaño de escalón definidas. Los datos de la prueba fueron analizados como resultado de recomendaciones preliminares para un mejor desempeño de aliviaderos escalonados.

Se concluyó que el presente conocimiento se aplica también para los aliviaderos escalonados ampliados con un aireador, como aquí se propone. Estos últimos pueden ser fácilmente añadidos a los diseños existentes, de los cuales la descarga de diseño es mayor. El valor crítico de σ_c es significativamente mayor para aliviaderos escalonados que para aliviaderos lisos con un $\sigma_c = 0,20$ (Pfister et al., en prensa).

Para contrarrestar los daños por cavitación en un aliviadero escalonado, se requiere de un aireador localizado aguas arriba desde el punto de inicio inferior del aire para las descargas más grandes que el límite de descarga antes mencionados.

Robert M. Boes y Willi H. Hager (2003), investigaron los efectos de escala en el modelo de flujo burbujeante debajo de los aliviaderos escalonados, el inicio de la entrada de aire, y la concentración de aire y la distribución de la velocidad. Los resultados de este estudio arrojaron una claridad sobre el mínimo número de Reynolds y Weber necesarios para minimizar los efectos de escala en el modelado físico de dos fases aire-agua en el flujo sobre aliviaderos escalonados.

Las investigaciones sobre las características de aireación de los flujos burbujeantes en aliviaderos escalonados permiten una redefinición de la ubicación y profundidad de flujo del punto de inicio de la entrada del aire. La profundidad de la concentración promedio del aire se

expresa como una función de la distancia vertical normalizada desde la cresta del aliviadero hasta el terraplén de las presas de gravedad.

El análisis de la concentración del aire presente se compara con una propuesta de distribución previamente analizada por otros investigadores. La concentración de aire en la parte inferior del escalón es importante para la evaluación del riesgo de cavitación de un aliviadero escalonado. Por último, se presenta la distribución de la velocidad en función de las características adimensionales de la profundidad de la mezcla.

5.6. Ampliación del campo de aplicación de los cuencos tipificados utilizando la aireación artificial, Curva de Cavitación.

Como ya se comentó anteriormente, la aireación, además de disminuir o minimizar el riesgo de daños por cavitación, produce un esponjamiento del flujo, que se traduce en un aumento del calado y una disminución de la velocidad. Con el cambio de estas dos variables, se produce una disminución del número de Froude, no solo del flujo aireado real si no también del flujo equivalente. Este es un concepto teórico asociado al flujo que, moviéndose a la velocidad de la mezcla, tiene el calado con el que fluiría el agua supuesta independiente del aire. Es decir, mediante la aireación se modifican las condiciones del flujo al pie del resalto hidráulico.

Haciendo referencia al ábaco de predimensionamiento (Capítulo 4, figuras 4.15 – 4.19), donde se tiene que, dado un punto de coordenadas (Z_x, q_x) representativo de un flujo con unas características originales a la entrada del cuenco y_{lx} , U_{lx} y F_{lx} , donde el efecto de la aireación produce una traslación de dicho punto hacia curvas con un número de Froude menores, creando unas nuevas características de entrada del flujo al cuenco y_{leqx} , U_{leqx} y F_{leqx} , con las cuales se calcula la altura de caída virtual equivalente correspondiente Z_{eqx} .

Después con este nuevo valor, que será menor que el original, y con el del caudal específico (q_x) se forman las coordenadas con las que se recurre al ábaco de predimensionamiento para comprobar si dicho punto cae en la zona de validez de algún cuenco amortiguador tipificado.

La curva de cavitación (Figura 5.18), es un gráfico creado sobre los ábacos de predimensionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados, cuya finalidad es separar la región, para unas ciertas coordenadas (Z, q) , en la que se espera la aparición de problemas por cavitación en la rápida de aquella en la que con casi total certeza no se producirán. Dicha curva es realmente una estrecha banda, porque está construida para una serie de valores de caudal específico con rango de taludes normales del paramento de aguas debajo de las presas que van de 0.6 a 0.8.

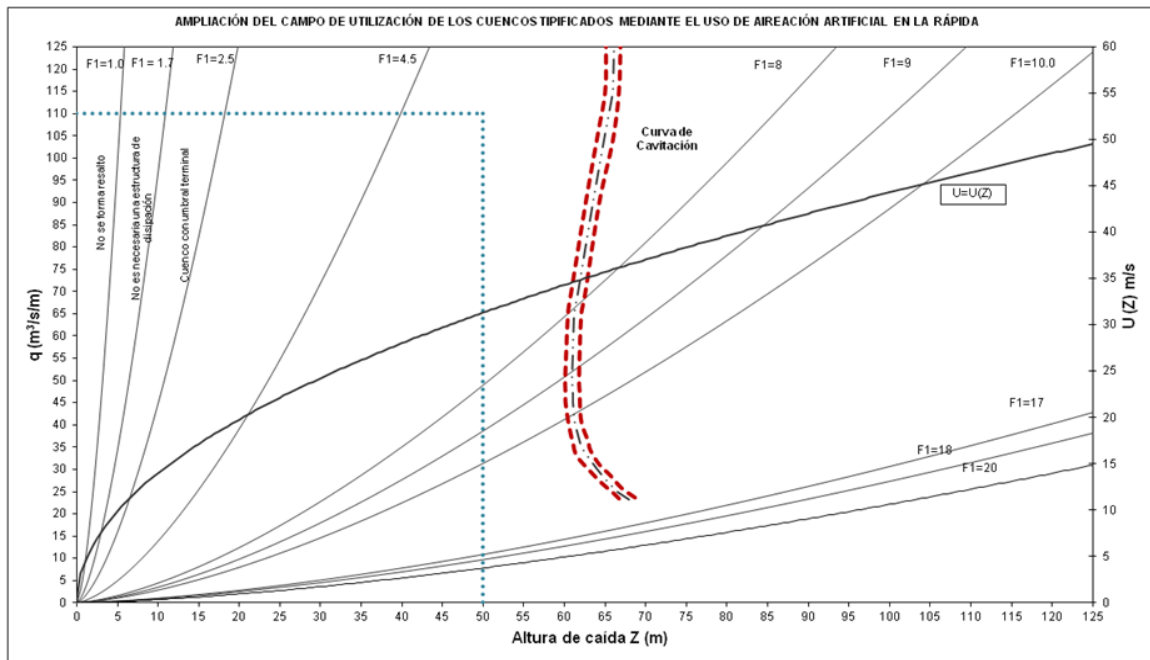


Figura 5.18. Efecto de la Aireación del Flujo sobre las condiciones de entrada al cuenco. Curva de Cavitación. (Fernández-Bono, J.F y Vallés Morán, F.J., 2000).

Dicha curva se obtuvo, utilizando el programa de cálculo ALIV-AIR (Gutiérrez Serret y Palma Villalón, 1994). El uso de este programa permite caracterizar los flujos aireados en los aliviaderos de las presas y señala el riesgo de cavitación apoyándose en el cálculo del número de Thoma (Índice de cavitación).

La curva de cavitación es útil porque permite conocer desde la fase inicial del proyecto, si es de esperar o no la aparición de problemas de erosión por cavitación en la rápida de cualquier presa vertedero. Para esto basta situar el punto de coordenadas (Z, q) , representativo de la presa en estudio y visualizar su posición respecto a la curva antes mencionada. En caso afirmativo, el problema se puede resolver colocando un aireador⁸ en la misma. De esta forma se consigue que el punto de funcionamiento de la estructura quede del lado de la seguridad respecto a la curva de cavitación, según lo mencionado anteriormente.

Si la presa en cuestión, no dispone de cuenco amortiguador por encomendarse la disipación de energía a un trampolín semisumergido por ejemplo, y el único problema a resolver es el anterior, es decir la aparición de cavitación en la rápida, bastará normalmente con la colocación de un aireador en la misma, para hacer “pasar” el punto de funcionamiento al otro lado de la curva de cavitación.

⁸ Para el diseño de aireadores en rápidas véase Gutiérrez Serret y Palma Villalón, 1994.

CAPÍTULO 6. DIAGNÓSTICO DE LAS PRESAS ESPAÑOLAS DE GRAVEDAD VERTEDERO EN RELACIÓN AL FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO DE SUS OBRAS DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA.

6.1. Introducción.

Como ya se mencionó en capítulos anteriores, el cuenco amortiguador es la solución más común al pie de las presas vertedero para contener el resalto provocado por el cambio brusco de pendiente. El objetivo principal perseguido con el uso de los elementos disipadores de energía es reducir la longitud del cuenco amortiguador, garantizando un correcto funcionamiento.

Los cuencos amortiguadores son solamente una de las variadas estructuras de disipación de energía hidráulica. De aquí que el estudio del cuenco amortiguador desde el punto de vista hidráulico es un tema analizado en gran cantidad de publicaciones tanto desde el punto de vista teórico, como con ensayos en modelos reducidos y a escala real en numerosas presas.

De lo anterior se tiene que para abordar en forma práctica los temas analizados en los capítulos anteriores, el primer objetivo del presente Capítulo es el de verificar tanto el buen funcionamiento como la correcta elección del cuenco amortiguador para todas las presas españolas de gravedad vertedero que tienen cuencos tipificados disipadores de energía de resalto hidráulico situados al pie de las mismas. Para ello, se recurrirá a los ya expuestos *ábacos para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*.

En relación a los daños ocasionados en las presas con la aparición de la cavitación, analizados en forma teórica en capítulos anteriores, se plantea como objetivo adicional de este capítulo la aplicación de una técnica sencilla que permita detectar de forma anticipada la aparición de problemas de erosión por cavitación en la rápida de presas de gravedad vertedero. La técnica en cuestión remite a la *Curva de cavitación*, también tratada anteriormente en el Capítulo 5.

Como ya se comentó, la curva de cavitación es un gráfico creado sobre los ábacos de predimensionamiento de los cuenco tipificados, cuya finalidad es separar la región, para unas ciertas coordenadas (Z,q) , en la que se espera la aparición de problemas por cavitación en la rápida de aquella en la que con casi total certeza no se producirán.

En consecuencia, el segundo objetivo del presente Capítulo es detectar, para todas las presas españolas de gravedad vertedero con cuenco de resalto situado al pie de las mismas, cuáles son propensas a la aparición de la erosión por cavitación y en cuales no se producirán riesgos de cavitación.

6.2. Muestreo y obtención de la información de las presas españolas de gravedad con vertedero.

Para la obtención de la muestra de las presas de gravedad con vertedero, se hizo uso del Inventario de Presas y/o Embalses perteneciente al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España ¹. La selección de las presas de gravedad vertedero se llevó a cabo en relación a todas las Demarcaciones Hidrográficas existentes en España (Tabla 6.1).

La obtención de la información requerida de las presas, como ya se ha comentado en el Capítulo 1, está dividida en dos grupos de datos:

- Datos geométricos: de entre los cuales se tienen los valores de la cota del labio del vertedero (NMN) y la cota de solera del cuenco (CSC) de la estructura disipadora de energía, así como su ancho (B).
- Datos hidráulicos: el valor del caudal de diseño original (Q) y la carga hidráulica sobre el vertedero (h) para la avenida correspondiente.

A partir de la carga hidráulica sobre el vertedero (h) y de la cota del labio del vertedero (NMN), se obtiene la cota de la lámina libre para la avenida de proyecto (NAP). (Ver ecuación 6.1).

$$NAP = NMN + h \quad (6.1)$$

Estos datos fueron obtenidos, tanto de datos incluidos en el inventario ¹, para cada presa seleccionada, como de información solicitada vía correo electrónico al Titular de la Presa ². Dicha muestra obtenida de las presas españolas de gravedad vertedero se presenta en la Tabla 6.1.

En el apéndice final se adjunta la relación completa de fichas con la totalidad de los datos de las 113 presas inventariadas.

¹ Inventario de presas y/o embalses incluida en la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España <http://sig.marm.es/snczi/visor.html?herramienta=Presas>.

² Las dependencias y/o empresas Titulares de las presas son las siguientes: el Estado (Representado por las Confederaciones Hidrográficas de España), Iberdrola Generación S.A., Unión Fenosa Generación S.A., Generalitat de Cataluña, Ayuntamientos, Eléctricas Reunidas de Zaragoza, Junta de Extremadura, ENDESA Generación, S.A., Canal de Isabel II, Unidades de Riego, etc.

Tabla 6.1. Muestra del Inventario de las Presas españolas y datos de cálculo.

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	NAP (m)	CSC (m)	Q (m ³ /s)	B (m)
DUERO	ESTADO	AGUEDA	636.50	605.00	1800.00	55.00
DUERO	ESTADO	AGUILAR DE CAMPOO	942.00	905.00	747.63	50.00
DUERO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	CASTRO	562.00	517.00	10792.00	100.00
DUERO	ESTADO	LINARES DEL ARROYO	915.30	883.76	745.97	34.00
DUERO	ESTADO	SAN JOSÉ	654.00	644.75	3042.00	150.00
DUERO	ESTADO	SANTA TERESA	885.70	830.99	2050.00	100.00
DUERO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SAUCELLE	188.00	107.57	1300.00	50.47
DUERO	ESTADO	SELGA DE ORDAS	964.00	954.15	1390.00	159.00
DUERO	UNIÓN FENOSA GENERACIÓN S.A.	VENCÍAS, LAS	826.69	802.90	600.00	33.88
DUERO	ESTADO	VILLAGONZALO (AZUD)	804.30	794.50	2900.00	141.00
EBRO	GENERALITAT DE CATALUÑA	CIURANA	485.90	431.53	443.00	31.42
EBRO	ESTADO	EUGUI	628.00	587.00	270.00	27.50
EBRO	ELÉCTRICAS REUNIDAS DE ZARAGOZA	JAVIERRELATRE	659.51	652.06	1950.00	114.52
EBRO	ELÉCTRICAS REUNIDAS DE ZARAGOZA	LASPUÑA	674.00	663.48	1548.00	66.36
EBRO	ESTADO	MANSILLA	930.00	853.31	572.95	27.00

Tabla 6.1. Muestra del Inventario de las Presas españolas y datos de cálculo. Continuación...

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	NAP (m)	CSC (m)	Q (m ³ /s)	B (m)
EBRO	ENHER	MEQUINENZA	121.00	56.78	11000.00	121.00
EBRO	CANAL DE NAVARRA	MONREAL	518.85	502.65	----	86.67
EBRO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	PUENTELARRA	473.00	463.18	1800.00	78.95
EBRO	ESTADO	RIALB	430.00	365.47	3089.00	70.00
EBRO	ENHER	RIBARROJA	70.00	32.32	7756.00	98.08
EBRO	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	SAN LORENZO MONGAY	247.02	226.88	2280.00	590.02
EBRO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SOBRON	511.00	474.87	1583.60	60.06
EBRO	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	TAVASCAN	1104.40	1077.62	216.70	24.26
EBRO	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	TORAN - PONT DE REY	675.05	648.68	132.00	32.48
GUADIANA	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	AGUJÓN, EL	364.74	336.47	428.00	44.90
GUADIANA	AYUNTAMIENTO DE AROCHE	AROCHE	278.51	264.95	100.00	16.68
GUADIANA	ESTADO	BURDALO	316.50	286.50	85.00	39.16
GUADIANA	ESTADO	CANCHALES, LOS	220.00	210.25	128.00	20.00
GUADIANA	ACUASUR (AGUAS DE LAS CUENCAS DEL SUR)	COLADA, LA	475.90	435.50	----	37.61
GUADIANA	JUNTA DE EXTREMADURA	NOGALES	371.74	338.00	198.43	41.20

Tabla 6.1. Muestra del Inventario de las Presas españolas y datos de cálculo. Continuación...

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	NAP (m)	CSC (m)	Q (m ³ /s)	B (m)
GUADIANA	AYUNTAMIENTO DE SAUCEDILLA	SAUCEDILLA	604.12	592.29	33.00	7.89
GUADIANA	JUNTA DE EXTREMADURA	VALUENGO	296.62	268.08	1779.00	66.93
GUADIANA	ESTADO	VICARIO, EL	599.50	582.36	1500.00	110.80
GUADIANA	ESTADO	VILLAR DEL REY	245.99	203.33	450.00	41.22
SEGURA	ESTADO	CARCABO	258.14	220.00	65.00	14.64
SEGURA	ESTADO	CENAJO, EL	435.00	345.84	858.00	35.38
SEGURA	ESTADO	JOSÉ BAUTISTA	135.84	106.95	2080.00	109.37
SEGURA	ESTADO	MORRÓN, EL	590.67	578.93	68.80	7.52
SEGURA	ESTADO	OJOS (AZUD)	138.55	127.72	766.68	42.53
SEGURA	ESTADO	PLIEGO	359.45	318.51	1200.00	44.86
SEGURA	ESTADO	RAMBLA DEL JUDDÍO	243.07	208.00	734.00	73.61
SEGURA	ESTADO	RAMBLA DEL MORO	238.20	203.24	709.48	39.17
SEGURA	ESTADO	RODEOS, LOS	132.94	99.75	1096.00	136.53
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	ACEHUCHE	303.26	294.00	7.00	25.00
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	ALCUESCAR	443.24	432.59	13.30	52.30

Tabla 6.1. Muestra del Inventario de las Presas españolas y datos de cálculo. Continuación...

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	NAP (m)	CSC (m)	Q (m ³ /s)	B (m)
TAJO	ESTADO	ALDEANUEVA	492.75	481.24	471.60	66.81
TAJO	ESTADO	ARROYO DE LA LUZ	355.00	344.66	141.00	No hay plano de planta
TAJO	A. Y E. ARROYO DIAZ-MERRY	ARROYOS, LOS	837.50	824.03	100.00	No hay plano de planta
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.A.C.	AYUELA	403.95	389.90	238.00	64.70
TAJO	PATRIMONIO NACIONAL	BATAN, EL	1006.66	977.30	108.00	32.42
TAJO	UNIÓN FENOSA GENERACIÓN S.A.	BOLARQUE	642.00	610.35	1700.00	61.19
TAJO	ESTADO	BORBOLLÓN	321.00	293.04	844.00	60.57
TAJO	MARIANO LÓPEZ RODRÍGUEZ	BOYERIL 2, EL	272.40	266.03	12.00	No hay plano de planta
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	BROZAS II	388.46	380.70	21.10	31.75
TAJO	AYUNTAMIENTO DE CAMINOMORISCO	CAMINOMORISCO	626.71	612.56	32.00	25.60
TAJO	AYUNTAMIENTO DE CAÑAVERAL	CAÑAVERAL	99.00	87.18	----	55.67
TAJO	ESTADO	CASTRO, EL	558.50	533.73	646.00	23.32
TAJO	FRANCA GIORDANO GRADI	CERQUILLA, LA	310.00	305.24	36.50	No hay plano de planta
TAJO	AYUNTAMIENTO DE LA CUMBRE	CUMBRE, LA	472.00	463.02	65.00	No hay plano de planta

Tabla 6.1. Muestra del Inventario de las Presas españolas y datos de cálculo. Continuación...

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	NAP (m)	CSC (m)	Q (m ³ /s)	B (m)
TAJO	AYUNTAMIENTO DE OLIVA DE PLASENCIA	GARGANTA DE LA OLIVA	406.24	391.25	19.00	18.89
TAJO	HERMANOS NAVARRO BALLESTERO	HELECHAL	105.90	98.00	40.00	35.55
TAJO	AYUNTAMIENTO DE SALORINO	JETREROS - SALORINO	390.00	376.62	77.00	No hay plano de planta
TAJO	COMUNIDAD DE REGANTES DE MINCHONES	MINCHONES (AZUD)	388.50	378.00	430.00	No hay plano de planta
TAJO	ESTADO	MORALES, LOS	803.31	778.89	30.00	9.54
TAJO	ESTADO	NAVALCAN	370.00	349.83	720.00	54.94
TAJO	CANAL DE ISABEL II	NAVALMEDIO	1289.00	1249.93	160.00	17.00
TAJO	AYUNTAMIENTO DE NAVALPERAL	NAVALPERAL DE PINARES	1336.00	1319.38	29.00	25.04
TAJO	CANAL DE ISABEL II	NIEVES, LAS	854.99	845.00	586.60	68.50
TAJO	AYUNTAMIENTO DE PESQUEZA	PESQUEZA	323.50	317.00	14.00	No hay plano de planta
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	PINOFRANQUEADO	542.00	525.50	107.34	30.60
TAJO	AYUNTAMIENTO DE PIORNAL	PIORNAL, EL	1403.50	1393.00	4.00	No hay plano de planta
TAJO	AYUNTAMIENTO DE VALDELACASA	PIZARROSO	436.95	423.24	96.00	36.71
TAJO	ESTADO	PORTAJE	301.89	274.86	72.00	40.59
TAJO	ESTADO	REY, DEL	496.75	492.08	2000.00	61.35

Tabla 6.1. Muestra del Inventario de las Presas españolas y datos de cálculo. Continuación...

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	NAP (m)	CSC (m)	Q (m ³ /s)	B (m)
TAJO	CANAL DE ISABEL II	RIOSEQUILLO	1010.00	968.58	386.00	Sin Aliviadero
TAJO	AYUNTAMIENTO DE ROBLEDO DE CHAVELA	ROBLEDO DE CHAVELA	886.39	866.13	420.00	26.02
TAJO	ESTADO	ROSARITO	307.80	279.33	1560.00	54.30
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	TALAVAN	360.78	349.30	121.00	82.90
TAJO	AYUNTAMIENTO DE TORREJÓN	TORREJÓN EL RUBIO	303.86	296.18	65.00	38.64
TAJO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	TORREJÓN TAJO	243.50	188.94	5600.00	82.91
TAJO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	TORREJÓN TIETAR	223.00	197.30	3000.00	45.67
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.A.C.	TORREMOCHA	425.90	410.55	207.00	18.38
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	TRES TORRES	436.31	423.10	63.10	31.60
TAJO	ESTADO	VILLANUEVA DE LA VERA	594.00	576.00	46.97	28.25
TAJO	ESTADO	VILLAR DE PLASENCIA	616.48	596.53	16.48	23.72
BALEARES	CDAD. BALEARES	GORCH-BLAU	612.54	575.00	76.00	8.90
CANTÁBRICO	MANCOMUNIDAD DE AGUAS DEL AÑARBE	AÑARBE	160.00	92.11	593.00	29.03
CANTÁBRICO	CONSORCIO DE AGUAS DE GUIPUZCOA	ARRIARAN	285.95	236.29	57.00	15.54
CANTÁBRICO	AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIÁN	ARTIKUTZA	353.71	320.35	46.12	25.00

Tabla 6.1. Muestra del Inventario de las Presas españolas y datos de cálculo. Continuación...

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	NAP (m)	CSC (m)	Q (m ³ /s)	B (m)
CANTÁBRICO	SALTOS DE NAVIA EN COMUNIDAD S.A.	SALIME	224.50	112.50	2000.00	46.65
CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA	AGENCIA CATALANA DEL AGUA	COLOMERS	23.75	16.23	2200.00	68.12
CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA	AGENCIA CATALANA DEL AGUA	SANT PONC (SAN PONS)	530.00	482.56	733.80	58.86
CUENCAS INTERNAS PAÍS VASCO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	URBIETA	44.17	18.16	24.00	20.74
GALICIA-COSTA	UNIÓN FENOSA GENERACIÓN S.A.	SAN COSMADE	361.47	345.55	93.00	24.75
GUADALETE Y BARBATE	JUNTA DE ANDALUCÍA	CELEMIN (ALVIADERO)	32.18	14.54	598.00	64.72
GUADALQUIVIR	JUNTA DE ANDALUCÍA. AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA	BEMBEZAR (DERIVACIÓN)	96.50	65.50	1500.00	59.42
GUADALQUIVIR	JUNTA DE ANDALUCÍA. AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA	BERMEJALES, LOS (DERIVACIÓN)	883.04	872.16	589.00	38.09
GUADALQUIVIR	ENDESA GENERACIÓN, S.A.- U.P.H. SUR	CANTILLANA	18.75	7.50	8000.00	102.69
GUADALQUIVIR	JUNTA DE ANDALUCÍA. AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA	DAÑADOR	716.39	689.00	256.00	27.52
GUADALQUIVIR	EMASESA	MINILLA, LA	159.50	106.29	1584.00	50.71
GUADALQUIVIR	JUNTA DE ANDALUCÍA. AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA	PEÑAFLORES	43.00	36.26	6500.00	134.80
GUADALQUIVIR	JUNTA DE ANDALUCÍA. AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA	RETORTILLO	187.00	143.43	722.70	32.50
MIÑO-SIL	ENDESA GENERACIÓN S.A.	CAMPAÑANA, LA	526.43	486.83	78.00	23.54
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	MONTEFURADO	290.00	251.23	1877.00	32.26

Tabla 6.1. Muestra del Inventario de las Presas españolas y datos de cálculo. Continuación...

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	NAP (m)	CSC (m)	Q (m ³ /s)	B (m)
MIÑO-SIL	UNIÓN FENOSA GENERACIÓN S.A.	PEARES, LOS	194.24	104.19	3568.00	46.23
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	PUMARES	359.00	342.51	3650.00	69.50
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SAN ESTEBAN (SANTO ESTEVO)	229.00	120.87	4385.00	52.46
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SAN PEDRO (NORTE)	130.00	109.07	4800.00	71.00
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SANTIAGO	303.00	289.66	3500.00	101.77
MIÑO-SIL	ESTADO	VILASOUTO	474.18	425.24	252.10	25.03
TINTO, ODIEL Y PIEDRAS	GRUPO EMPRESARIAL ENCE	SANCHO, EL	55.00	14.66	1088.00	60.23
TINTO, ODIEL Y PIEDRAS	AYUNTAMIENTO DE CERRO ANDEVALO	UMBRIAS, LAS	212.15	201.65	26.00	10.00
TINTO, ODIEL Y PIEDRAS	AYUNTAMIENTO DE ZALAMEA	ZALAMEA LA REAL	375.00	364.31	15.00	No hay plano de planta

6.3. Cálculo y ubicación del punto de funcionamiento de cada presa dentro de la zona de funcionamiento del ábaco.

En relación con los datos de las presas españolas anteriormente obtenidos y con el uso del ábaco expuesto en el Capítulo 4, se procede con el cálculo de las variables necesarias para la utilización del mismo, las cuales son: altura de caída y caudal específico en el cuenco (Tabla 6.2).

El cálculo de las dos variables necesarias es de la siguiente manera:

- Altura de caída.

$$Z = NMN + h - CSC \quad (6.2)$$

- Caudal específico.

$$q = \frac{Q}{B} \quad (6.3)$$

De todo lo anterior se pueden situar todas las presas inventariadas de la muestra obtenida dentro de una determinada región del ábaco y así poder llevar a cabo la comprobación en relación a la tipología de cuenco resultante y el análisis de su funcionamiento (Figuras 6.1-6.3).

Tabla 6.2. Valores de Z y q, tipos de cuenco e identificativo del muestreo de las presas españolas.

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	TIPO DE CUENCO	ID	NAP (m)	CSC (m)	Z (m)	Q (m ³ /s)	B (m)	q (m ² /s)
DUERO	ESTADO	AGUEDA	No tipificado.	P1	636.50	605.00	31.50	1800.00	55.00	32.73
DUERO	ESTADO	AGUILAR DE CAMPOO	No tipificado.	P2	942.00	905.00	37.00	747.63	50.00	14.95
DUERO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	CASTRO	No tipificado.	P3	562.00	517.00	45.00	10792.00	100.00	107.92
DUERO	ESTADO	LINARES DEL ARROYO	No tipificado.	P4	915.30	883.76	31.54	745.97	34.00	21.94
DUERO	ESTADO	SAN JOSÉ	No tipificado.	P5	654.00	644.75	9.25	3042.00	150.00	20.28
DUERO	ESTADO	SANTA TERESA	No tipificado.	P6	885.70	830.99	54.71	2050.00	100.00	20.50
DUERO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SAUCELLE	No tipificado.	P7	188.00	107.57	80.43	1300.00	50.47	25.76
DUERO	ESTADO	SELGA DE ORDAS	No tipificado.	P8	964.00	954.15	9.85	1390.00	159.00	8.74
DUERO	UNIÓN FENOSA GENERACIÓN S.A.	VENCIAS, LAS	No tipificado.	P9	826.69	802.90	23.79	600.00	33.88	17.71
DUERO	ESTADO	VILLAGONZALO (AZUD)	No tipificado.	P10	804.30	794.50	9.80	2900.00	141.00	20.57
EBRO	GENERALITAT DE CATALUÑA	CIURANA	No tipificado.	P11	485.90	431.53	54.37	443.00	31.42	14.10
EBRO	ESTADO	EUGUI	No tipificado.	P12	628.00	587.00	41.00	270.00	27.50	9.82
EBRO	ELÉCTRICAS REUNIDAS DE ZARAGOZA	JAVIERRELATRE	No tipificado.	P13	659.51	652.06	7.45	1950.00	114.52	17.03
EBRO	ELÉCTRICAS REUNIDAS DE ZARAGOZA	LASPUÑA	No tipificado.	P14	674.00	663.48	10.52	1548.00	66.36	23.33
EBRO	ESTADO	MANSILLA	No tipificado.	P15	930.00	853.31	76.69	572.95	27.00	21.22

Tabla 6.2. Valores de Z y q, tipos de cuenco e identificativo del muestreo de las presas españolas. Continuación. . .

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	TIPO DE CUENCO	ID	NAP (m)	CSC (m)	Z (m)	Q (m ³ /s)	B (m)	q (m ² /s)
EBRO	ENHER	MEQUINENZA	No tipificado.	P16	121.00	56.78	64.22	11000.00	121.00	90.91
EBRO	CANAL DE NAVARRA	MONREAL	No tipificado.	P17	518.85	502.65	16.20	----	86.67	---
EBRO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	PUNTELARRA	No tipificado.	P18	473.00	463.18	9.82	1800.00	78.95	22.80
EBRO	ESTADO	RIALB	No tipificado.	P19	430.00	365.47	64.53	3089.00	70.00	44.13
EBRO	ENHER	RIBARROJA	No tipificado.	P20	70.00	32.32	37.68	7756.00	98.08	79.08
EBRO	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	SAN LORENZO MONGAY	No tipificado.	P21	247.02	226.88	20.14	2280.00	590.02	3.86
EBRO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SOBRON	No tipificado.	P22	511.00	474.87	36.13	1583.60	60.06	26.37
EBRO	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	TAVASCAN	No tipificado.	P23	1104.40	1077.62	26.78	216.70	24.26	8.93
EBRO	ENDESA GENERACIÓN, S.A.	TORAN - PONT DE REY	No tipificado.	P24	675.05	648.68	26.37	132.00	32.48	4.06
GUADIANA	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	AGUIJÓN, EL	No tipificado.	P25	364.74	336.47	28.27	428.00	44.90	9.53
GUADIANA	AYUNTAMIENTO DE AROCHE	AROCHE	No tipificado.	P26	278.51	264.95	13.56	100.00	16.68	6.00
GUADIANA	ESTADO	BURDALO	No tipificado.	P27	316.50	286.50	30.00	85.00	39.16	2.17
GUADIANA	ESTADO	CANCHALES, LOS	No tipificado.	P28	220.00	210.25	9.75	128.00	20.00	6.40
GUADIANA	ACUASUR (AGUAS DE LAS CUENCAS DEL SUR)	COLADA, LA	No tipificado.	P29	475.90	435.50	40.40	----	37.61	----
GUADIANA	JUNTA DE EXTREMADURA	NOGALES	No tipificado.	P30	371.74	338.00	33.74	198.43	41.20	4.82

Tabla 6.2. Valores de Z y q, tipos de cuenco e identificativo del muestreo de las presas españolas. Continuación. . .

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	TIPO DE CUENCO	ID	NAP (m)	CSC (m)	Z (m)	Q (m ³ /s)	B (m)	q (m ² /s)
GUADIANA	AYUNTAMIENTO DE SAUCEDILLA	SAUCEDILLA	No tipificado.	P31	604.12	592.29	11.83	33.00	7.89	4.18
GUADIANA	JUNTA DE EXTREMADURA	VALUENGO	No tipificado.	P32	296.62	268.08	28.54	1779.00	66.93	26.58
GUADIANA	ESTADO	VICARIO, EL	USBR III	P33	599.50	582.36	17.14	1500.00	110.80	13.54
GUADIANA	ESTADO	VILLAR DEL REY	No tipificado.	P34	245.99	203.33	42.66	450.00	41.22	10.92
SEGURA	ESTADO	CARCABO	No tipificado.	P35	258.14	220.00	38.14	65.00	14.64	4.44
SEGURA	ESTADO	CENAJO, EL	No tipificado.	P36	435.00	345.84	89.16	858.00	35.38	24.25
SEGURA	ESTADO	JOSÉ BAUTISTA	USBR III	P37	135.84	106.95	28.89	2080.00	109.37	19.02
SEGURA	ESTADO	MORRÓN, EL	No tipificado.	P38	590.67	578.93	11.74	68.80	7.52	9.15
SEGURA	ESTADO	OJOS (AZUD)	No tipificado.	P39	138.55	127.72	10.83	766.68	42.53	18.03
SEGURA	ESTADO	PLIEGO	No tipificado.	P40	359.45	318.51	40.94	1200.00	44.86	26.75
SEGURA	ESTADO	RAMBLA DEL JUDÍO	No tipificado.	P41	243.07	208.00	35.07	734.00	73.61	9.97
SEGURA	ESTADO	RAMBLA DEL MORO	No tipificado.	P42	238.20	203.24	34.96	709.48	39.17	18.11
SEGURA	ESTADO	RODEOS, LOS	No tipificado.	P43	132.94	99.75	33.19	1096.00	136.53	8.03
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	ACEHUCHE	No tipificado.	P44	303.26	294.00	9.26	7.00	25.00	0.28
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	ALCUESCAR	No tipificado.	P45	443.24	432.59	10.65	13.30	52.30	0.25

Tabla 6.2. Valores de Z y q, tipos de cuenco e identificativo del muestreo de las presas españolas. Continuación. . .

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	TIPO DE CUENCO	ID	NAP (m)	CSC (m)	Z (m)	Q (m ³ /s)	B (m)	q (m ² /s)
TAJO	ESTADO	ALDEANUEVA	SAF	P46	492.75	481.24	11.51	471.60	66.81	7.06
TAJO	ESTADO	ARROYO DE LA LUZ	USBR IV	P47	355.00	344.66	10.34	141.00	No hay plano de planta	----
TAJO	A. Y E. ARROYO DIAZ-MERRY	ARROYOS, LOS	USBR II	P48	837.50	824.03	13.47	100.00	No hay plano de planta	----
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.A.C.	AYUELA	No tipificado.	P49	403.95	389.90	14.05	238.00	64.70	3.68
TAJO	PATRIMONIO NACIONAL	BATAN, EL	No tipificado.	P50	1006.66	977.30	29.36	108.00	32.42	3.33
TAJO	UNIÓN FENOSA GENERACIÓN S.A.	BOLARQUE	No tipificado.	P51	642.00	610.35	31.65	1700.00	61.19	27.78
TAJO	ESTADO	BORBOLLÓN	No tipificado.	P52	321.00	293.04	27.96	844.00	60.57	13.93
TAJO	MARIANO LÓPEZ RODRÍGUEZ	BOYERIL 2, EL	No tipificado.	P53	272.40	266.03	6.37	12.00	No hay plano de planta	----
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	BROZAS II	No tipificado.	P54	388.46	380.70	7.76	21.10	31.75	0.66
TAJO	AYUNTAMIENTO DE CAMINOMORISCO	CAMINOMORISCO	No tipificado.	P55	626.71	612.56	14.15	32.00	25.60	1.25
TAJO	AYUNTAMIENTO DE CAÑAVERAL	CAÑAVERAL	No tipificado.	P56	99.00	87.18	11.82	----	55.67	---
TAJO	ESTADO	CASTRO, EL	USBR II	P57	558.50	533.73	24.77	646.00	23.32	27.70
TAJO	FRANCA GIORDANO GRADI	CERQUILLA, LA	No tipificado.	P58	310.00	305.24	4.76	36.50	No hay plano de planta	----
TAJO	AYUNTAMIENTO DE LA CUMBRE	CUMBRE, LA	No tipificado.	P59	472.00	463.02	8.98	65.00	No hay plano de planta	----

Tabla 6.2. Valores de Z y q, tipos de cuenco e identificativo del muestreo de las presas españolas. Continuación. . .

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	TIPO DE CUENCO	ID	NAP (m)	CSC (m)	Z (m)	Q (m ³ /s)	B (m)	q (m ² /s)
TAJO	AYUNTAMIENTO DE OLIVA DE PLASENCIA	GARGANTA DE LA OLIVA	No tipificado.	P60	406.24	391.25	14.99	19.00	18.89	1.01
TAJO	HERMANOS NAVARRO BALLESTERO	HELECHAL	No tipificado.	P61	105.90	98.00	7.90	40.00	35.55	1.13
TAJO	AYUNTAMIENTO DE SALORINO	JETREROS - SALORINO	No tipificado.	P62	390.00	376.62	13.38	77.00	No hay plano de planta	----
TAJO	COMUNIDAD DE REGANTES DE MINCHONES	MINCHONES (AZUD)	No tipificado.	P63	388.50	378.00	10.50	430.00	No hay plano de planta	----
TAJO	ESTADO	MORALES, LOS	No tipificado.	P64	803.31	778.89	24.42	30.00	9.54	3.14
TAJO	ESTADO	NAVALCAN	No tipificado.	P65	370.00	349.83	20.17	720.00	54.94	13.11
TAJO	CANAL DE ISABEL II	NAVALMEDIO	No tipificado.	P66	1289.00	1249.93	39.07	160.00	17.00	9.41
TAJO	AYUNTAMIENTO DE NAVALPERAL	NAVALPERAL DE PINARES	No tipificado.	P67	1336.00	1319.38	16.62	29.00	25.04	1.16
TAJO	CANAL DE ISABEL II	NIEVES, LAS	USBR III	P68	854.99	845.00	9.99	586.60	68.50	8.56
TAJO	AYUNTAMIENTO DE PESQUEZA	PESQUEZA	No tipificado.	P69	323.50	317.00	6.50	14.00	No hay plano de planta	----
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	PINOFRANQUEADO	No tipificado.	P70	542.00	525.50	16.50	107.34	30.60	3.51
TAJO	AYUNTAMIENTO DE PIORNAL	PIORNAL, EL	No tipificado.	P71	1403.50	1393.00	10.50	4.00	No hay plano de planta	----
TAJO	AYUNTAMIENTO DE VALDELACASA	PIZARROSO	No tipificado.	P72	436.95	423.24	13.71	96.00	36.71	2.62
TAJO	ESTADO	PORTAJE	No tipificado.	P73	301.89	274.86	27.03	72.00	40.59	1.77

Tabla 6.2. Valores de Z y q, tipos de cuenco e identificativo del muestreo de las presas españolas. Continuación...

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	TIPO DE CUENCO	ID	NAP (m)	CSC (m)	Z (m)	Q (m ³ /s)	B (m)	q (m ² /s)
TAJO	ESTADO	REY. DEL	No tipificado.	P74	496.75	492.08	4.67	2000.00	61.35	32.60
TAJO	CANAL DE ISABEL II	RIOSEQUILLO	No tipificado.	P75	1010.00	968.58	41.42	386.00	Sin Aliviadero	----
TAJO	AYUNTAMIENTO DE ROBLEDO DE CHAVELA	ROBLEDO DE CHAVELA	No tipificado.	P76	886.39	866.13	20.26	420.00	26.02	16.14
TAJO	ESTADO	ROSARITO	VNIIG IV	P77	307.80	279.33	28.47	1560.00	54.30	28.73
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	TALAVAN	No tipificado.	P78	360.78	349.30	11.48	121.00	82.90	1.46
TAJO	AYUNTAMIENTO DE TORREIÓN	TORREIÓN EL RUBIO	No tipificado.	P79	303.86	296.18	7.68	65.00	38.64	1.68
TAJO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	TORREIÓN TAJO	No tipificado.	P80	243.50	188.94	54.56	5600.00	82.91	67.54
TAJO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	TORREIÓN TIETAR	VNIIG IV	P81	223.00	197.30	25.70	3000.00	45.67	65.69
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.A.C.	TORREMOCHA	No tipificado.	P82	425.90	410.55	15.35	207.00	18.38	11.26
TAJO	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T	TRES TORRES	No tipificado.	P83	436.31	423.10	13.21	63.10	31.60	2.00
TAJO	ESTADO	VILLANUEVA DE LA VERA	No tipificado.	P84	594.00	576.00	18.00	46.97	28.25	1.66
TAJO	ESTADO	VILLAR DE PLASENCIA	No tipificado.	P85	616.48	596.53	19.95	16.48	23.72	0.69
BALEARES	CDAD. BALEARES	GORCH-BLAU	No tipificado.	P86	612.54	575.00	37.54	76.00	8.90	8.54
CANTÁBRICO	MANCOMUNIDAD DE AGUAS DEL AÑARBE	AÑARBE	No tipificado.	P87	160.00	92.11	67.89	593.00	29.03	20.43
CANTÁBRICO	CONSORCIO DE AGUAS DE GUIPUZCOA	ARRIARAN	No tipificado.	P88	285.95	236.29	49.66	57.00	15.54	3.67

Tabla 6.2. Valores de Z y q, tipos de cuenco e identificativo del muestreo de las presas españolas. Continuación...

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	TIPO DE CUENCO	ID	NAP (m)	CSC (m)	Z (m)	Q (m ³ /s)	B (m)	q (m ² /s)
CANTÁBRICO	AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIÁN	ARTIKUTZA	No tipificado.	P89	353.71	320.35	33.36	46.12	25.00	1.84
CANTÁBRICO	SALTOS DE NAVIA EN COMUNIDAD S.A.	SALIME	VNIIG IV	P90	224.50	112.50	112.00	2000.00	46.65	42.87
CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA	AGENCIA CATALANA DEL AGUA	COLOMERS	No tipificado.	P91	23.75	16.23	7.52	2200.00	68.12	32.30
CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA	AGENCIA CATALANA DEL AGUA	SANT PONC (SAN PONS)	No tipificado.	P92	530.00	482.56	47.44	733.80	58.86	12.47
CUENCAS INTERNAS PAÍS VASCO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	URBIETA	No tipificado.	P93	44.17	18.16	26.01	24.00	20.74	1.16
GALICIA-COSTA	UNIÓN FENOSA GENERACIÓN S.A.	SAN COSMADE	No tipificado.	P94	361.47	345.55	15.92	93.00	24.75	3.76
GUADALETE Y BARBATE	JUNTA DE ANDALUCÍA	CELEMIN (ALIVIADERO)	USBR II	P95	32.18	14.54	17.64	598.00	64.72	9.24
GUADALQUIVIR	JUNTA DE ANDALUCÍA. AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA	BEMBEZAR (DERIVACIÓN)	No tipificado.	P96	96.50	65.50	31.00	1500.00	59.42	25.24
GUADALQUIVIR	JUNTA DE ANDALUCÍA. AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA	BERMEJALES, LOS (DERIVACIÓN)	No tipificado.	P97	883.04	872.16	10.88	589.00	38.09	15.46
GUADALQUIVIR	ENDESA GENERACIÓN, S.A.- U.P.H. SUR	CANTILLANA	No tipificado.	P98	18.75	7.50	11.25	8000.00	102.69	77.90
GUADALQUIVIR	JUNTA DE ANDALUCÍA. AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA	DAÑADOR	No tipificado.	P99	716.39	689.00	27.39	256.00	27.52	9.30
GUADALQUIVIR	EMASESA	MINILLA, LA	No tipificado.	P100	159.50	106.29	53.21	1584.00	50.71	31.24
GUADALQUIVIR	JUNTA DE ANDALUCÍA. AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA	PEÑAFLOR	No tipificado.	P101	43.00	36.26	6.74	6500.00	134.80	48.22
GUADALQUIVIR	JUNTA DE ANDALUCÍA. AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA	RETORTILLO	No tipificado.	P102	187.00	143.43	43.57	722.70	32.50	22.24
MIÑO-SIL	ENDESA GENERACIÓN S.A.	CAMPAÑANA, LA	No tipificado.	P103	526.43	486.83	39.60	78.00	23.54	3.31

Tabla 6.2. Valores de Z y q, tipos de cuenco e identificativo del muestreo de las presas españolas. Continuación...

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	TIPO DE CUENCO	ID	NAP (m)	CSC (m)	Z (m)	Q (m3/s)	B (m)	q (m2/s)
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	MONTEFURADO	USBR II	P104	290.00	251.23	38.77	1877.00	32.26	58.18
MIÑO-SIL	UNIÓN FENOSA GENERACIÓN S.A.	PEARES, LOS	No tipificado.	P105	194.24	104.19	90.05	3568.00	46.23	77.18
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	PUMARES	No tipificado.	P106	359.00	342.51	16.49	3650.00	69.50	52.52
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SAN ESTEBAN (SANTO ESTEVO)	No tipificado.	P107	229.00	120.87	108.13	4385.00	52.46	83.59
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SAN PEDRO (NORTE)	No tipificado.	P108	130.00	109.07	20.93	4800.00	71.00	67.61
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SANTIAGO	No tipificado.	P109	303.00	289.66	13.34	3500.00	101.77	34.39
MIÑO-SIL	ESTADO	VILASOUTO	No tipificado.	P110	474.18	425.24	48.94	252.10	25.03	10.07
TINTO, ODIEL Y PIEDRAS	GRUPO EMPRESARIAL ENCE	SANCHO, EL	No tipificado.	P111	55.00	14.66	40.34	1088.00	60.23	18.06
TINTO, ODIEL Y PIEDRAS	AYUNTAMIENTO DE CERRO ANDEVALO	UMBRIAS, LAS	VNIIG III	P112	212.15	201.65	10.50	26.00	10.00	2.60
TINTO, ODIEL Y PIEDRAS	AYUNTAMIENTO DE ZALAMEA	ZALAMEA LA REAL	No tipificado.	P113	375.00	364.31	10.69	15.00	No hay plano de planta	----

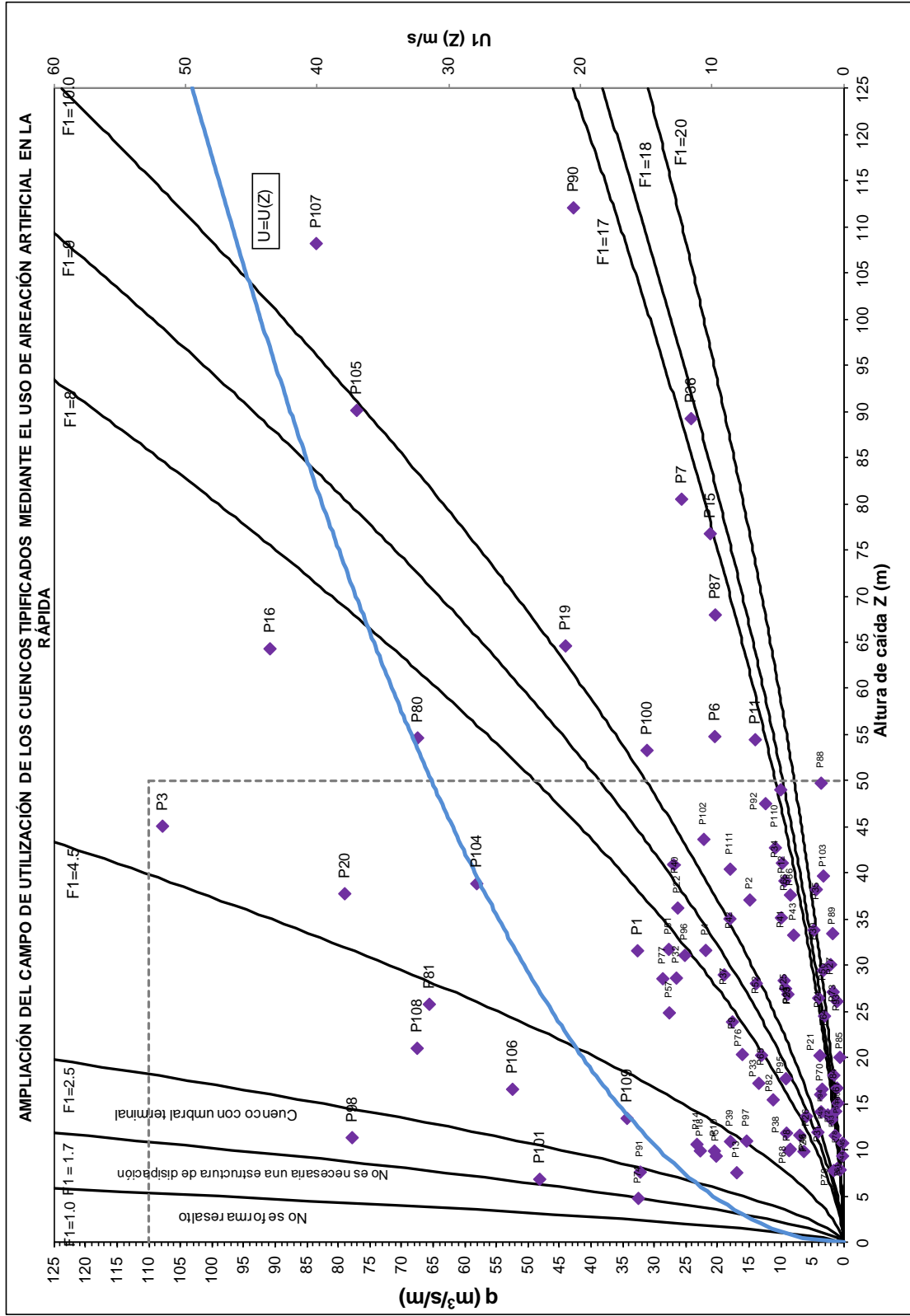


Figura 6.1. Localización de las presas en el ábaco general. Rango completo.

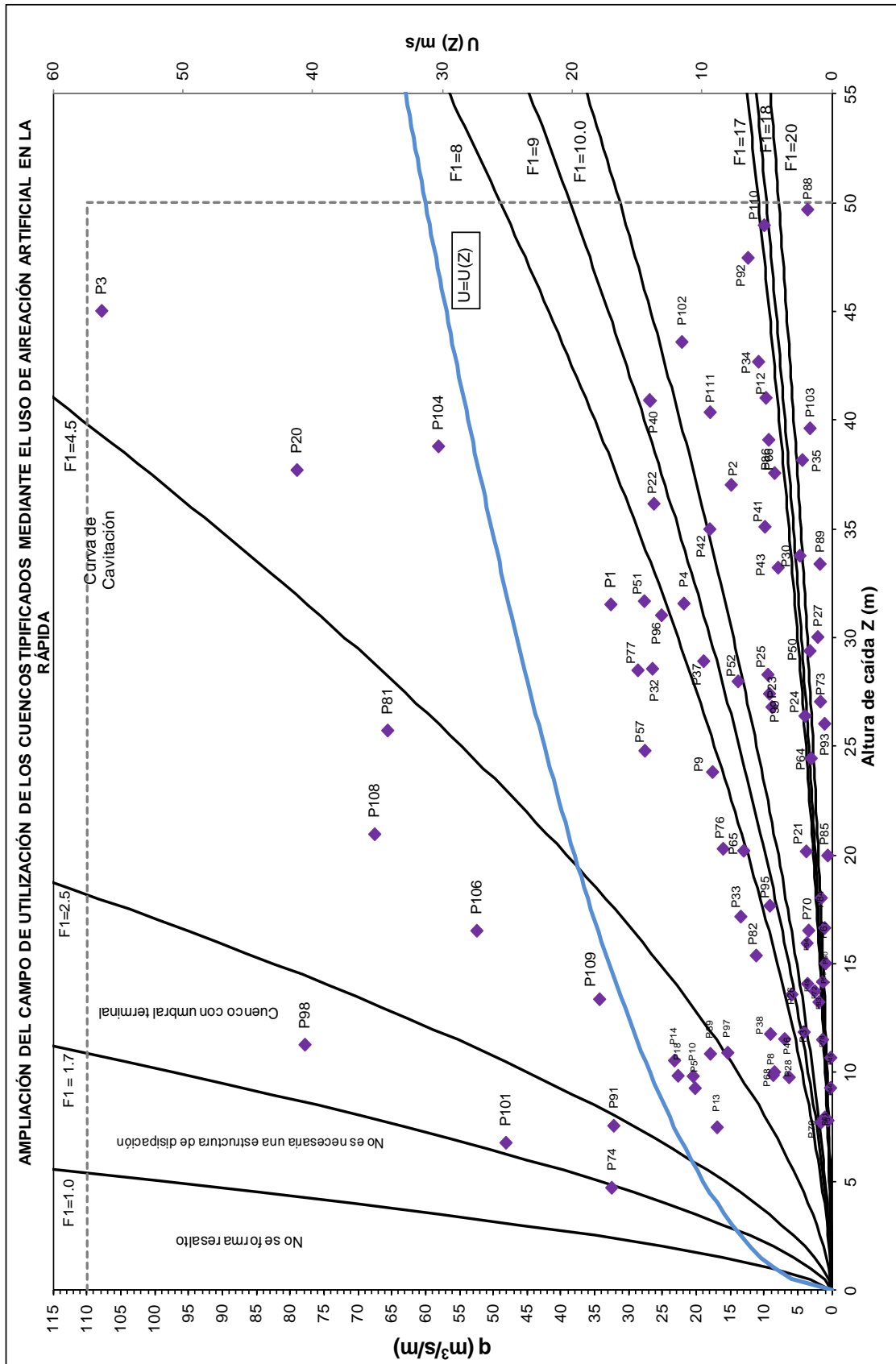


Figura 6.2. Localización de las presas en el ábaco general. Rango ($q < 110$, $Z < 55$).

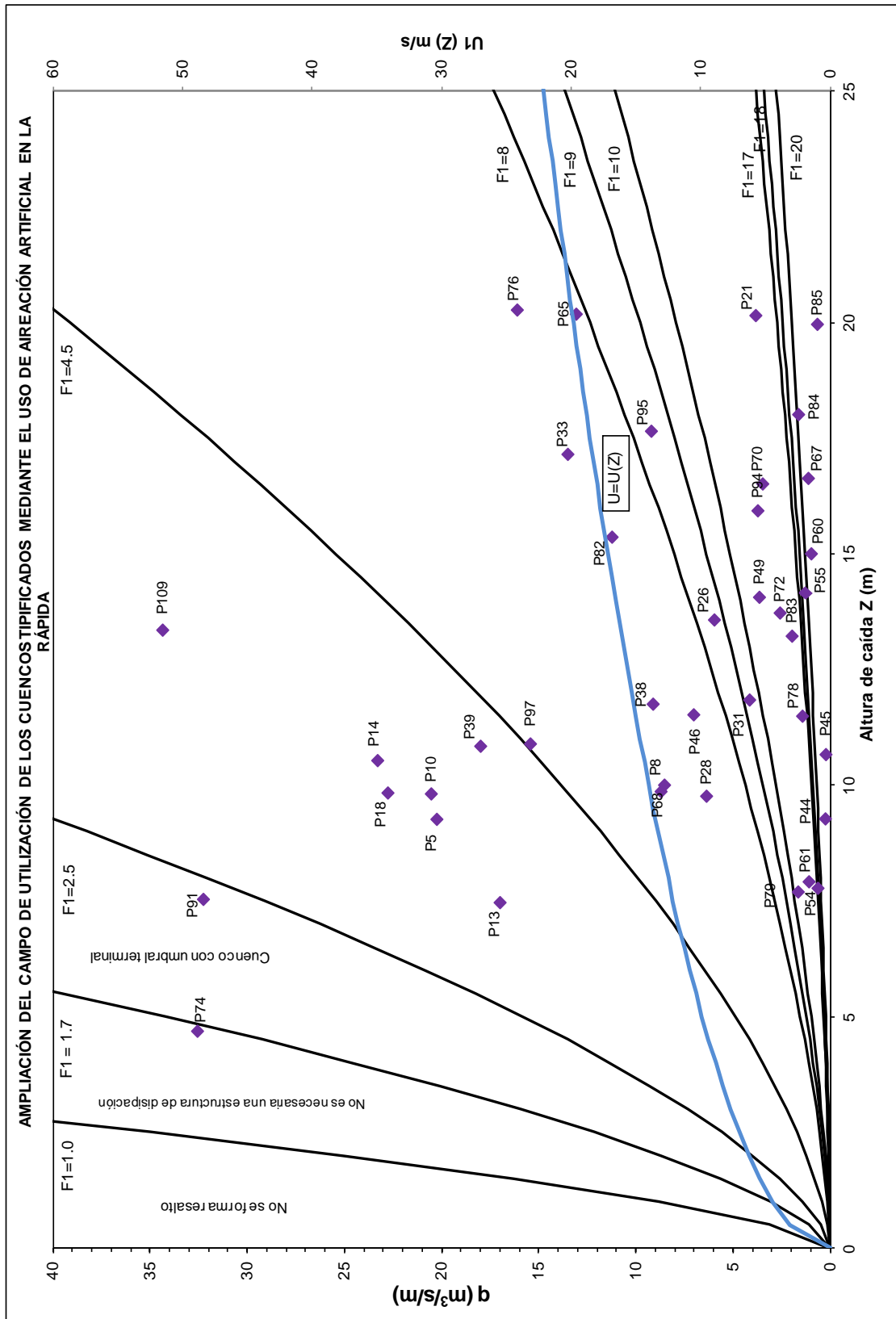


Figura 6.3. Localización de las presas en el ábaco general. Rango ($q < 40$, $Z < 25$).

Como se puede observar en los datos de las Tablas 6.1 y 6.2 así como también en las Figuras 6.1, 6.2 y 6.3, se tiene que el 76% de las presas analizadas se encuentran dentro del campo de aplicación de los cuencos amortiguadores tipificados (rango $q < 110 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ y $Z < 50 \text{ m}$). Sin embargo, existe un porcentaje no despreciable de casos (12%) en el que claramente se excede dicho campo de aplicación. En ellos será por tanto previsible la aparición de anomalías en su funcionamiento, que podrían en su caso agravarse por la aparición por la aparición de problemas por cavitación en la rápida (ver apartado 6.5).

6.4. Análisis de la correcta selección y funcionamiento del cuenco amortiguador tipificado de las presas españolas en relación con el ábaco de selección y predimensionamiento del Cuenco Amortiguador Tipificado.

Para el desarrollo de este apartado, y previamente identificado el tipo de cuenco amortiguador tipificado existente en cada una de las presas españolas de gravedad vertedero de la muestra, se ubican dichas presas en el ábaco de la familia del cuenco amortiguador que le corresponda, con objeto de comprobar si el mencionado cuenco se encuentra en su zona correcta de funcionamiento.

6.4.1. Identificación de las presas en el ábaco. Cuenco tipo SAF.

La tabla 6.3 muestra la relación de las presas que presentan un cuenco amortiguador tipificado SAF (Figura 6.4).

Tabla 6.3. Presas con cuenco tipo SAF.

Cuenca Hidrográfica	Titular	Presa	Tipo de Cuenco	ID	Z (m)	q (m²/s)
TAJO	ESTADO	ALDEANUEVA	SAF	P46	11.51	7.06

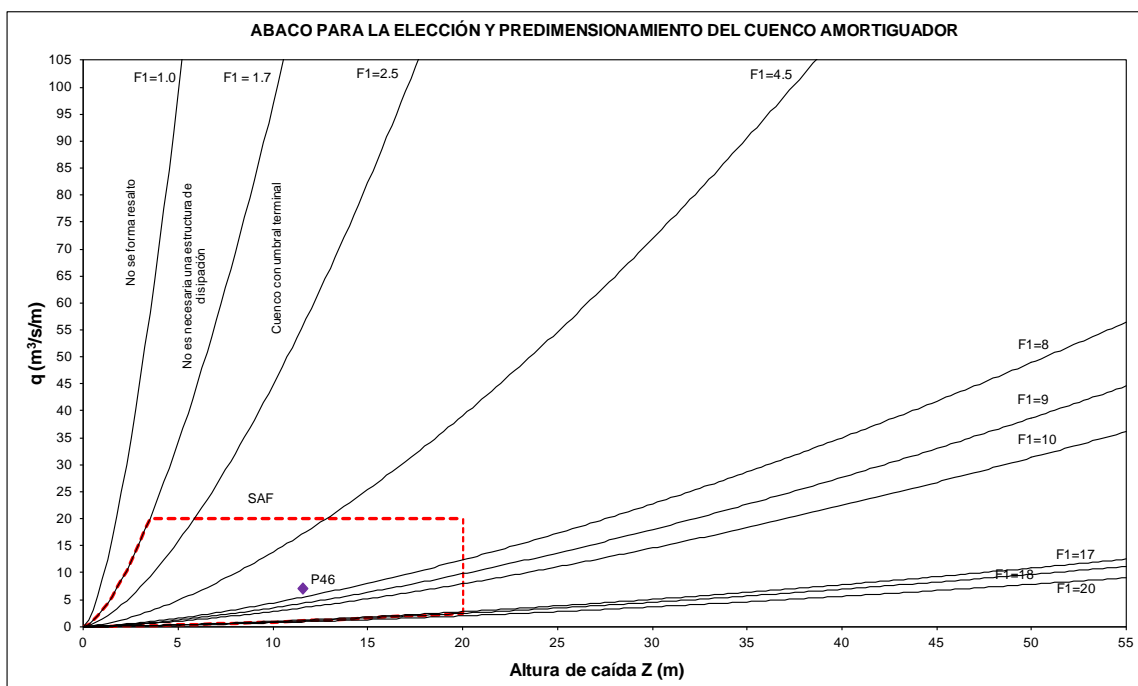


Figura 6.4. Ábaco para selección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado. Tipo SAF.

6.4.2. Identificación de las presas en el ábaco para un cuenco amortiguador de la Familia USBR.

6.4.2.1. Cuenco tipo USBR II.

La tabla 6.4 muestra la relación de las presas que presentan un cuenco amortiguador tipificado USBR II (Figura 6.5).

Tabla 6.4. Presas con cuenco tipo USBR II.

Cuenca Hidrográfica	Titular	Presas	Tipo de Cuenco	ID	Z (m)	q (m ² /s)
TAJO	ESTADO	CASTRO, EL	USBR II	P57	24.77	27.70
GUADALETE Y BARBATE	JUNTA DE ANDALUCÍA	CELEMIN (ALIVIADERO)	USBR II	P95	17.64	9.24
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	MONTEFURADO	USBR II	P104	38.77	58.18

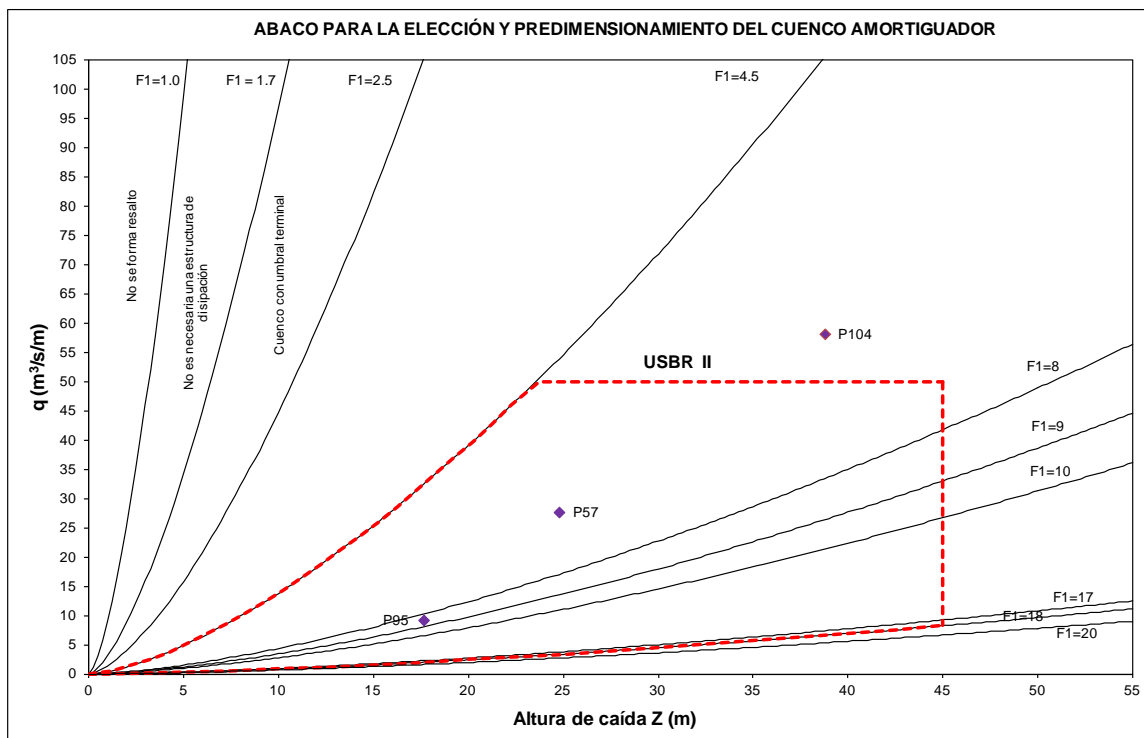


Figura 6.5. Ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado. Tipo USBR II.

Como se puede observar, la ubicación del punto de funcionamiento de la presa **P104**, en comparación con el rango de aplicación del cuenco amortiguador tipificado del ábaco en estudio, se encuentra fuera del rango de funcionamiento de éste, excediendo en este caso su caudal específico máximo.

6.4.2.2. Cuenco tipo USBR III.

La tabla 6.5 muestra la relación de las presas que presentan un cuenco amortiguador tipificado USBR III (Figura 6.6).

Tabla 6.5. Presas con cuenco tipo USBR III.

Cuenca Hidrográfica	Titular	Presa	Tipo de Cuenco	ID	Z (m)	q (m ² /s)
GUADIANA	ESTADO	VICARIO, EL	USBR III	P33	17.14	13.54
SEGURA	ESTADO	JOSÉ BAUTISTA	USBR IV	P37	28.89	19.02
TAJO	CANAL DE ISABEL II	NIEVES, LAS	USBR III	P68	9.99	8.56

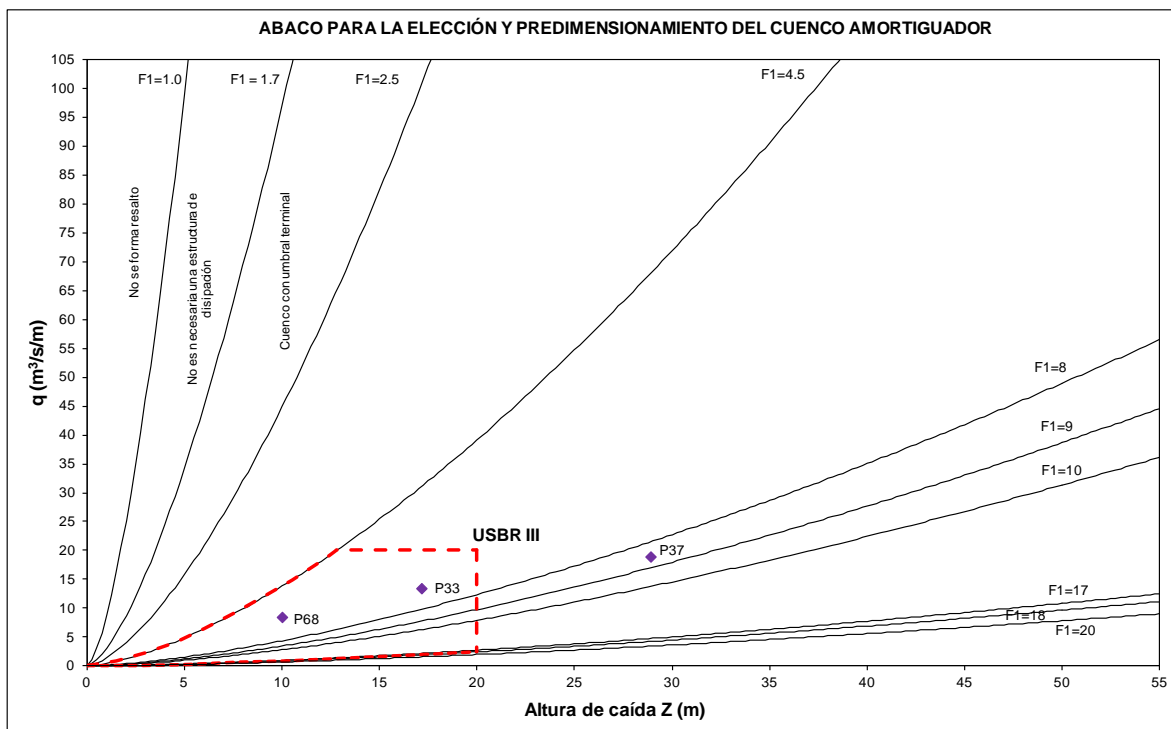


Figura 6.6. Ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado. Tipo USBR III.

Como se puede observar, la ubicación del punto de funcionamiento de la presa **P37**, en comparación con el rango de aplicación del cuenco amortiguador tipificado del ábaco en estudio, se encuentra fuera del rango de funcionamiento de éste, excediendo con mucho el valor límite de la altura de caída.

6.4.3. Identificación de las presas en el ábaco. Cuenco amortiguador de la familia VNIIG.

6.4.3.1. Cuenco tipo VNIIG III

La tabla 6.7 muestra la relación de las presas que presentan un cuenco amortiguador tipificado VNIIG III (Figura 6.7).

Tabla 6.6. Presas con cuenco tipo VNIIG III.

Cuenca Hidrográfica	Titular	Presa	Tipo de Cuenco	ID	Z (m)	q (m ² /s)
TINTO, ODIEL Y PIEDRAS	AYUNTAMIENTO DE CERRO ANDEVALO	UMBRIAS, LAS	VNIIG III	P112	10.50	2.60

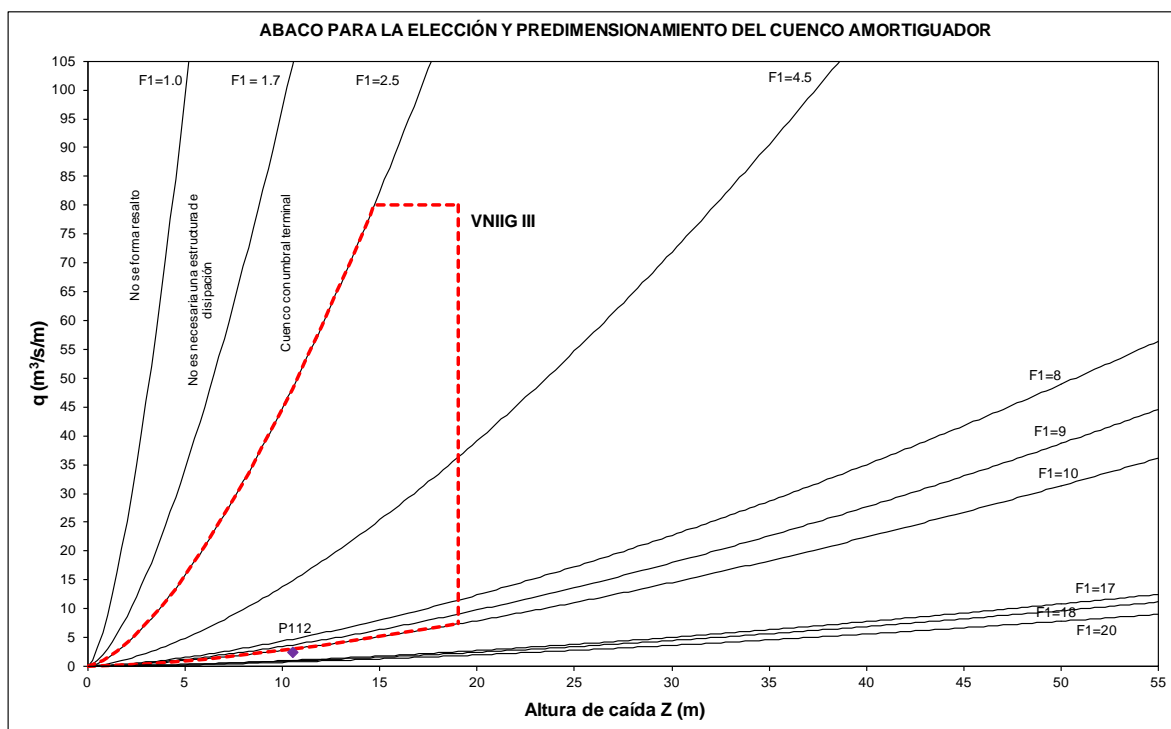


Figura 6.7. Ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado. Tipo VNIIG III.

Como se puede observar, la ubicación del punto de funcionamiento de la presa **P112**, en comparación con el rango de aplicación del cuenco amortiguador tipificado del ábaco en estudio, se encuentra, por muy poco, fuera del rango de funcionamiento del cuenco tipificado correspondiente, acercándose éste al límite del valor límite inferior del número de Froude ($F_1 = 10$), del rango de funcionamiento de éste, y a un bajo valor del caudal específico.

6.4.3.2. Cuenco tipo VNIIG IV.

La tabla 6.8 muestra la relación de las presas que presentan un cuenco amortiguador tipificado VNIIG IV (Figura 6.8).

Tabla 6.7. Presas con cuenco tipo VNIIG IV.

Cuenca Hidrográfica	Titular	Presa	Tipo de Cuenco	ID	Z (m)	q (m ² /s)
TAJO	ESTADO	ROSARITO	VNIIG IV	P77	28.47	28.73
TAJO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	TORREJÓN TIETAR	VNIIG IV	P81	25.70	65.69

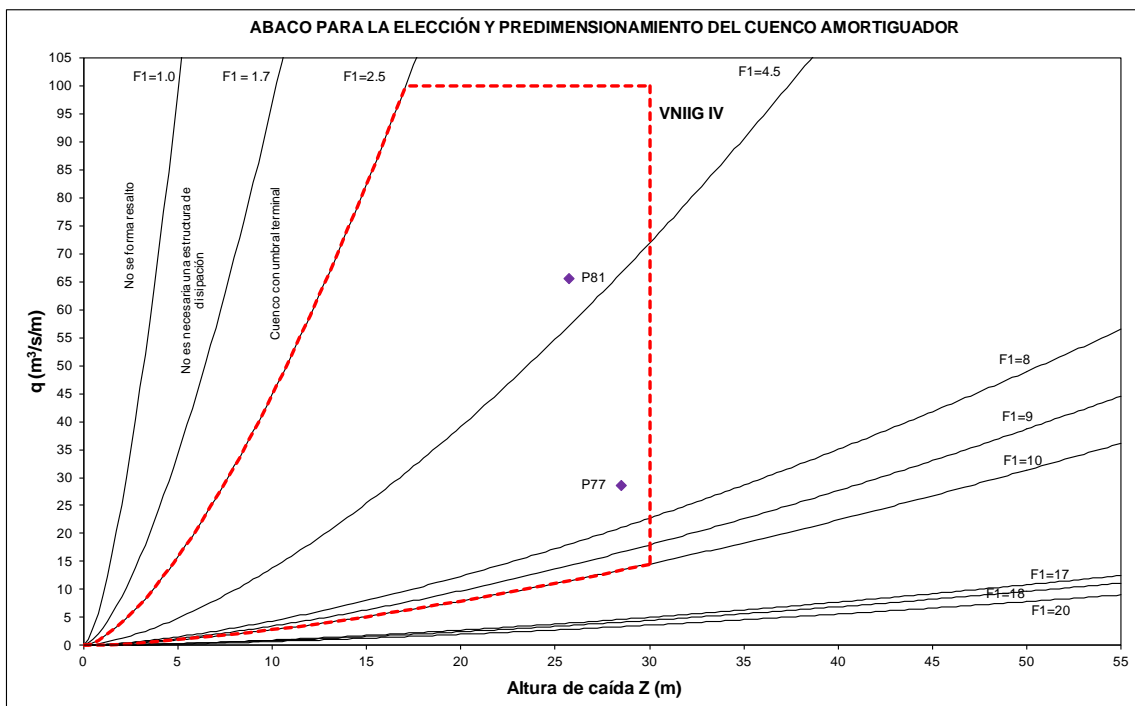


Figura 6.8, Ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado. Tipo VNIIG IV.

6.5. Análisis de la situación de cada presa en relación con la Curva de Cavitación.

La aplicación de la gráfica de la “*Curva de Cavitación*” es de forma sencilla, en donde simplemente se utilizan las coordenadas del punto de funcionamiento (Z,q), para cada presa, obtenidas anteriormente para ser ubicadas en la misma.

Resulta de este modo una relación de presas que pueden presentar la aparición de erosión por cavitación en la rápida. Dicha relación se presenta en la Tabla 6.9, así mismo la Figura 6.9 nos presenta la ubicación de los puntos de funcionamiento de todas las presas españolas de gravedad vertedero en la gráfica de la “*Curva de Cavitación*”.

Tabla 6.8. Presas en peligro de cavitación.

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	TIPO DE CUENCO	ID	Z (m)	q (m ² /s)
DUERO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SAUCELLE	No tipificado.	P7	80.43	25.76
EBRO	ESTADO	MANSILLA	No tipificado.	P15	76.69	21.22
EBRO	ENHER	MEQUINENZA	No tipificado.	P16	64.22	90.91
EBRO	ESTADO	RIALB	No tipificado.	P19	64.53	44.13

Tabla 6.9. Presas en peligro de cavitación. Continuación. . .

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	TIPO DE CUENCO	ID	Z (m)	q (m²/s)
SEGURA	ESTADO	CENAJO, EL	No tipificado.	P36	89.16	24.25
CANTÁBRICO	SALTOS DE NAVIA EN COMUNIDAD S.A.	SALIME	VNIIG IV	P90	111.00	42.87
MIÑO-SIL	UNIÓN FENOSA GENERACIÓN S.A.	PEARES, LOS	USBR IV	P105	90.05	77.18
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SAN ESTEBAN (SANTO ESTEVO)	SAF	P107	108.13	83.59

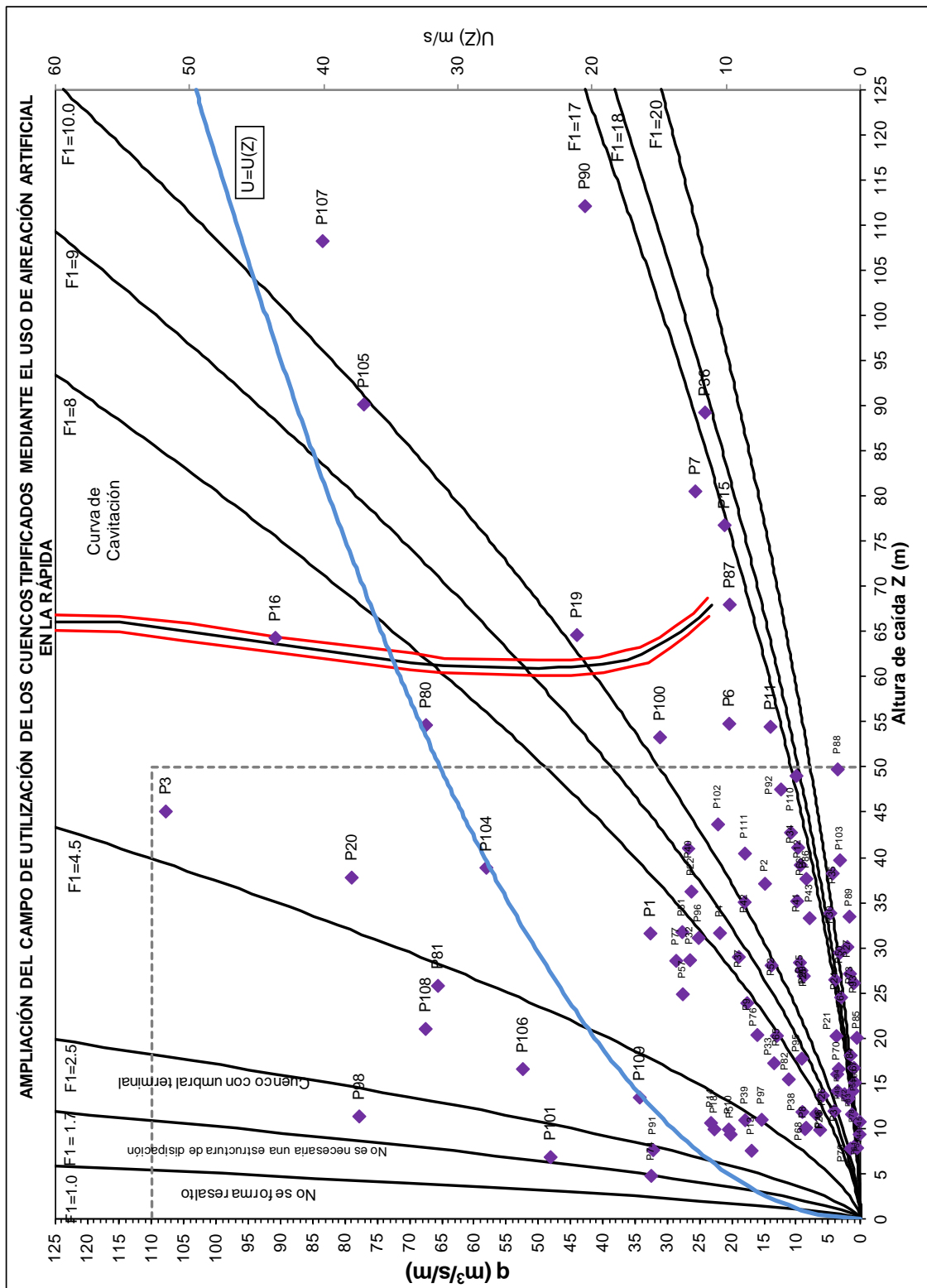


Figura 6.9. Presas en relación a la Curva de cavitación.

De la figura anterior se puede observar tres regiones de aplicación de la gráfica de la curva de cavitación, las cuales son las siguientes:

1. La región acotada por el rango de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados, cuyos valores máximos de Z y q son de 50 m y 110 m³/s/m respectivamente, en cuyos casos las presas están claramente libres de presentar daños por cavitación.
2. La región existente entre la zona hacia la izquierda de la curva de cavitación y la región fuera del rango de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados, en cuyos casos las presas situadas en esta región, si bien no presentan daños por cavitación, sí que están funcionando al límite.
3. La región definida a la derecha de la curva de cavitación, en cuyos casos las presas situadas en esta región presentarían daños por cavitación en la rápida.

De lo anterior como se puede observar en la Figura 6.9, se tiene que un 5% de las presas analizadas se encuentran dentro de la 2^{da} región de aplicación (ver Tabla 6.10), por otro lado en lo que corresponde a las presas que se encuentran dentro de la 3^{ra} región, éstas corresponden a un porcentaje del 7% (ver Tabla 6.11).

Tabla 6.10. Relación de presas ubicadas en la 2^{da} región.

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	TIPO DE CUENCO	ID
DUERO	ESTADO	SANTA TERESA	No tipificado.	P6
EBRO	GENERALITAT DE CATALUÑA	CIURANA	No tipificado.	P11
TAJO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	TORREJÓN TAJO	No tipificado.	P80
CANTÁBRICO	MANCOMUNIDAD DE AGUAS DEL AÑARBE	AÑARBE	No tipificado.	P87
GUADALQUIVIR	EMASESA	MINILLA, LA	No tipificado.	P100

Tabla 6.11. Relación de presas ubicadas en la 3^{ra} región.

CUENCA HIDROGRÁFICA	TITULAR DE LA PRESA	NOMBRE DE LA PRESA	TIPO DE CUENCO	ID
DUERO	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SAUCELLE	No tipificado.	P7
EBRO	ESTADO	MANSILLA	No tipificado.	P15
EBRO	ENHER	MEQUINENZA	No tipificado.	P16
EBRO	ESTADO	RIALB	No tipificado.	P19
SEGURA	ESTADO	CENAJO, EL	No tipificado.	P36
CANTÁBRICO	SALTOS DE NAVIA EN COMUNIDAD S.A.	SALIME	VNIIG IV	P90
MIÑO-SIL	UNIÓN FENOSA GENERACIÓN S.A.	PEARES, LOS	No tipificado.	P105
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACIÓN S.A.	SAN ESTEBAN (SANTO ESTEVO)	No tipificado.	P107

6.6. Conclusiones.

Como se puede observar en la tabla 6.1, se tienen inventariadas 113 presas de gravedad vertedero. De éstas, 86 presas (76%) se encuentran en la zona de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados y 13 presas (12%) se localizan fuera de la región antes mencionada. Las 14 presas restantes (12%) no están, desde el punto de vista geométrico y/o hidráulico, completamente definidas en el inventario, por lo que no ha sido posible tomarlas en cuenta en el análisis.

De las 86 presas que se encuentran en la región de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados, se tiene que 18 de ellas (21%) cuentan con un cuenco disipador tipificado.

En relación a la correcta elección de los cuencos amortiguadores tipificados (apartado 6.4), se tiene que sólo 2 presas (11%) de las 18 que cuentan con cuenco amortiguador tipificado mencionadas anteriormente, están fuera del rango de funcionamiento del mencionado cuenco. En consecuencia, las 16 restantes (89%) están funcionando correctamente desde este punto de vista, por cuanto se seleccionó, en el momento del diseño, el cuenco tipificado adecuado a las variables (Z , q).

De lo anterior y en función de uno de los alcances del presente Capítulo, se concluye que la utilización de los *ábacos para la elección y predimensionamiento de los cuencos*

amortiguadores tipificados es una herramienta sencilla y robusta para comprobar la correcta selección y funcionamiento del cuenco amortiguador tipificado de una determinada presa existente.

En lo que corresponde a las presas que se encuentran fuera del rango de aplicación de los cuencos tipificados, se tiene que 13 presas (12%) están en esta situación, quedando localizadas en la 2^{da} y 3^{ra} región de la gráfica de la *curva de cavitación* (ver Figura 6.9 y Tabla 6.10 – 6.11) antes mencionada. De entre éstas, el 5% de ellas (presas localizadas en la 2^{da} región), a pesar de que se localizan en una región fuera de la aparición de los daños por cavitación, pueden presentar anomalías en el funcionamiento de su cuenco amortiguador.

En lo que respecta al resto de las presas (7%) que se encuentran en la región de aparición de daños por cavitación (3^{ra} región), están claramente posicionadas a la derecha de la gráfica de la *curva de cavitación*. Por lo que, en complemento a los alcances del presente capítulo, se comprueba el buen funcionamiento y la sencilla aplicación de dicha gráfica, así como su fácil manejo.

Como se explicó desde un punto de vista teórico en el capítulo 5, la aireación del flujo e la rápida puede reducir los riesgos de cavitación en la rápida y mejorar además las condiciones hidráulicas de ingreso al cuenco, de cara a la disipación de energía. Así, una vez hecho el diagnóstico de las presas inventariadas, tanto en cuanto a la elección y correcto funcionamiento del cuenco tipificado como a sus potenciales problemas de cavitación, se plantea en el capítulo siguiente la definición teórica de medidas correctas basadas en la aireación que permitan resolver ambas tipologías de problemas.

CAPÍTULO 7. ADAPTACIÓN DE CASOS FUERA DE RANGO MEDIANTE EL USO DE LA AIREACIÓN ARTIFICIAL. ENFOQUE TEÓRICO.

7.1. Introducción.

Como ya se sabe, la aireación artificial, además de disminuir o minimizar el riesgo de daños por cavitación, aumenta el calado del flujo y le hace perder velocidad. Por esto disminuye el número de Froude y por lo tanto se mejoran las condiciones del flujo al inicio del resalto.

Por otra parte, el análisis mediante la *Curva de cavitación*, permite detectar de forma anticipada la aparición de problemas de erosión por cavitación en la rápida de cualquier presa vertedero.

Como complemento a los desarrollos teóricos expuestos en los anteriores capítulos, se contempla a continuación el uso de la aireación artificial a partir del programa de cálculo ALIV-AIR ¹, cuya aplicación permite caracterizar los flujos aireados en los aliviaderos y en los desagües profundos de las presas.

Así, la finalidad del presente Capítulo es la de proponer una solución al problema de la cavitación y al de la adaptación de las obras de disipación de energía mediante la utilización de la aireación artificial (ver Capítulo 5), forzando un traslado de las coordenadas originales (Z,q), de las presas españolas de gravedad vertedero de la muestra obtenida, a la región de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados y por consiguiente fuera de la zona de la aparición de la cavitación. Lo anterior aplicado a los siguientes casos:

- **Primer caso.** El cuenco amortiguador tipificado originalmente proyectado y construido está fuera de su rango de funcionamiento, en relación al *ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado* correspondiente.
- **Segundo caso.** La presa está situada en la zona intermedia, entre la zona de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados y la región que queda entre ésta y la *Curva de Cavitación*.
- **Tercer caso.** La presa está situada en la región de cavitación.

¹ Para información más detallada sobre el funcionamiento, aplicación, ecuaciones y variables a utilizar se exponen en Gutiérrez Serret y Palma Villalón, "Aireación en las Estructuras Hidráulicas de las Presas: Aliviaderos y Desagües Profundos", 1994.

7.2. Proceso de diseño de los aireadores en función del programa de cálculo ALIV-AIR.

En relación a todo lo expuesto hasta aquí, se presenta un proceso de diseño (utilizado por el programa ALIV-AIR), basado en la resolución numérica de las ecuaciones diferenciales de los flujos gradualmente aireados ², el cual permite, en primer lugar, determinar la necesidad de airear artificialmente la rápida, y en tal caso, situar de forma aproximada los aireadores que se requieran.

El proceso de diseño se desarrolla en tres etapas: a) análisis de la aireación natural a lo largo del aliviadero, b) emplazamiento y diseño del primer aireador y c) análisis del flujo aguas abajo de este aireador inicial, con disposición de un segundo aireador si es necesario. El proceso continuará con el diseño del segundo y sucesivos aireadores, en su caso.

a) Análisis de la aireación natural.

Se lleva a cabo el cálculo, a lo largo del aliviadero, de la concentración media (\bar{C}), la concentración de fondo (C_o), la velocidad media (\bar{V}) y el número de cavitación (σ).

Los resultados se presentan en el perfil longitudinal del aliviadero. En el mismo es conveniente indicar también la posición del Punto Crítico, de las zonas de aireación gradual y uniforme, la velocidad y la concentración media del flujo.

b) Emplazamiento y diseño del primer aireador.

En esta etapa del proceso de diseño, una vez conocida la distribución longitudinal del número de cavitación y de la concentración en el fondo, el primer aireador debe de situarse en la zona aguas arriba en la que se cumpla simultáneamente que: $\sigma < \sigma_{CRIT}$ y $C_o < 7-8\%$, para valores de $\sigma_{CRIT} = 0.2 - 0.25$ (Favley, 1990).

Una vez situado el primer dispositivo de aireación debe procederse a su diseño. Comenzando por elegir la tipología más adecuada del mismo y sus dimensiones.

² Resolución numérica de las ecuaciones diferenciales de los flujos gradualmente aireados se encuentran en el apartado 2.2.4 de Gutiérrez Serret y Palma Villalón, "Aireación en las Estructuras Hidráulicas de las Presas: Aliviaderos y Desagües Profundos", 1994.

Posteriormente debe procederse al análisis del funcionamiento del aireador, determinando la trayectoria de la lámina ³, los caudales de aire arrastrado ⁴, la presión en la cavidad y su zona de funcionamiento ⁵.

- c) Análisis del flujo aguas abajo del primer aireador.

Para el desarrollo de esta etapa se utiliza el método de Chanson. Se determinan los nuevos valores de σ y C_o , procediendo a la ubicación de un nuevo aireador si, como se ha indicado, vuelve a ocurrir que $\sigma < 0.2 - 0.25$ y $C_o < 7 - 8\%$, para cuyo dimensionamiento se deberán seguir de nuevo los pasos indicados en la etapa b).

Posteriormente se repite el proceso a partir de este segundo aireador y así sucesivamente hasta que toda la rápida tenga la aireación necesaria.

Las etapas del proceso de diseño se presentan, en síntesis, en el Figura 7.1.

7.3. Información básica. Datos de entrada del programa.

La introducción de la información del aliviadero en el programa se realiza según la secuencia siguiente:

- a) Nombre del trabajo.
- b) Datos generales del aliviadero.
Son suministrados los datos geométricos generales del aliviadero así como el caudal de diseño del perfil de vertedero.
- c) Diseño del vertedero.
El diseño del vertedero se lleva a cabo con los datos del inciso anterior. Es evidente que esta fase no constituye una entrada de datos, no obstante se realiza en esta etapa.
- d) Datos del canal de descarga.
Se suministran las secciones del aliviadero, definiendo la distancia al origen, la cota de la solera en cada sección y su anchura.
- e) Secciones con aireadores.
En las secciones con aireadores ha de indicarse la altura del escalón (h_E), el ángulo de la rampa respecto a la rápida del aliviadero (ϕ) y el coeficiente de depresión.

^{3,4 y 5} Fórmulas de cálculo ubicadas en los apartados 2.4.4.2, 2.4.4.4 y 2.4.4.5 respectivamente, de Gutiérrez Serret y Palma Villalón, "Aireación en las Estructuras Hidráulicas de las Presas: Aliviaderos y Desagües Profundos", 1994.

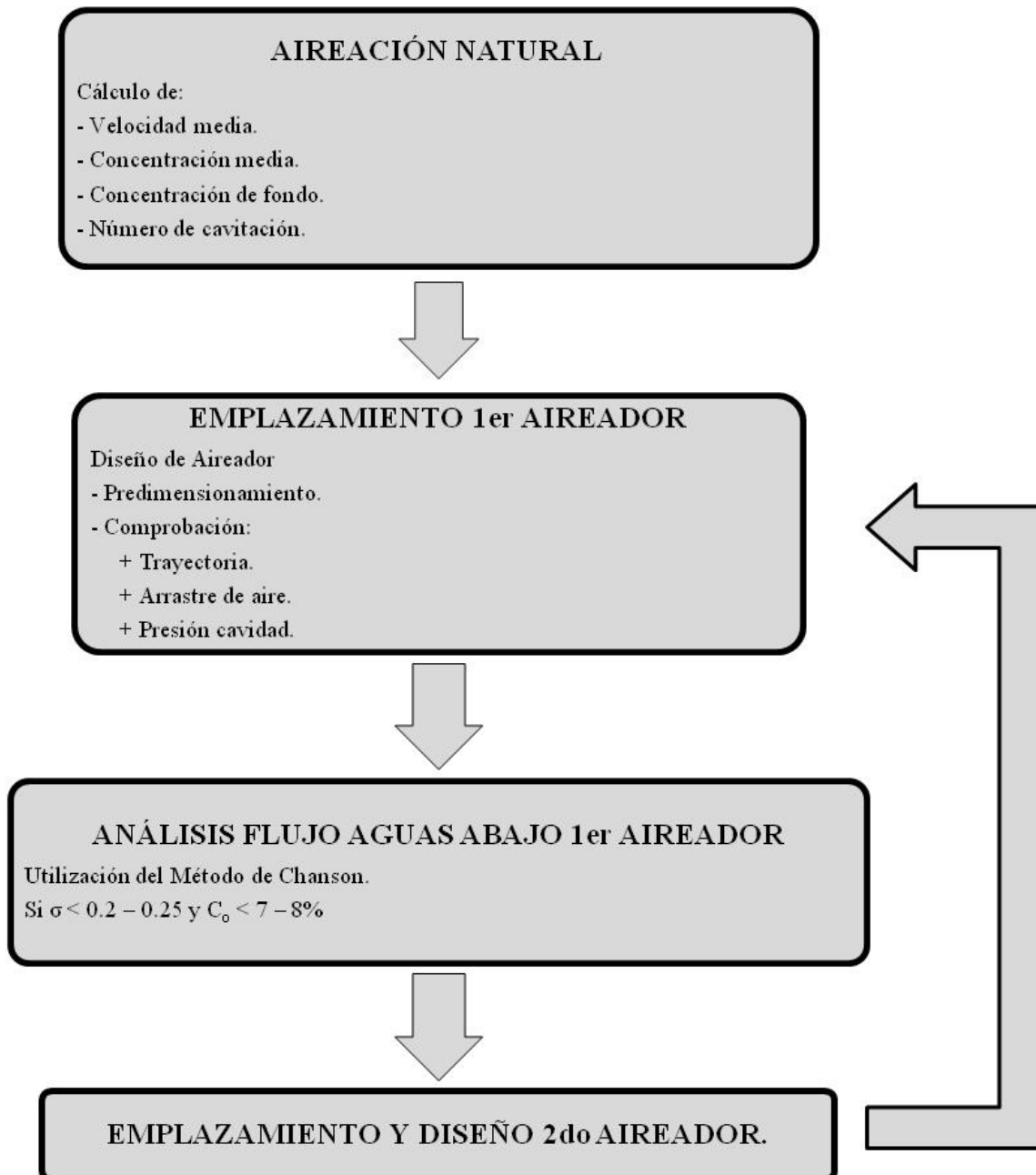


Figura 7.1. Aireación artificial. Proceso de diseño de los aireadores en una rampa. (Gutiérrez Serret y Palma Villalón, 1994)

Dichas variables toman el significado que se muestra de forma esquemática en las figuras 7.2 – 7.5, según el tipo de aireador.

- Aireador tipo Rampa.

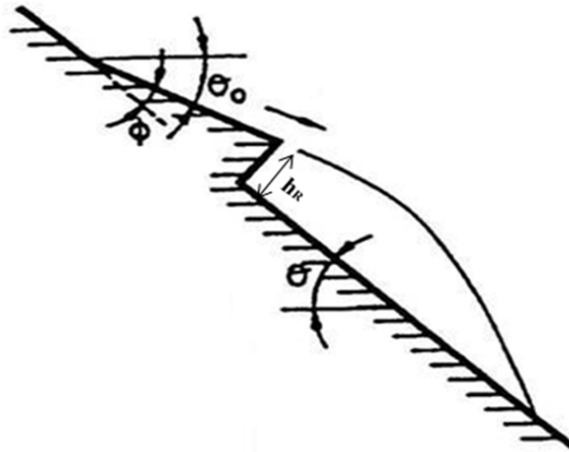


Figura 7.2. Estructura de un aireador tipo rampa. (Falvey, 1990).

donde:

- ϕ = ángulo de la rampa con respecto a la r&apilidra del aliviadero. ($5^\circ < \phi < 15^\circ$).
- θ = ángulo de la r&apilidra del aliviadero con respecto a la horizontal.
- θ_0 = ángulo de la rampa con respecto a la horizontal.
- h_R = altura de la rampa. ($0.1 \text{ m} < h_R < 1.0 \text{ m}$).

- Aireador tipo escal&on.

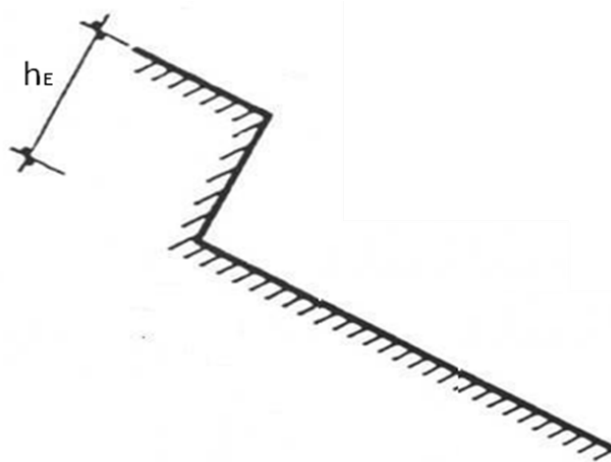


Figura 7.3. Estructura de un aireador tipo escal&on. (Falvey, 1990).

donde:

- h_E = altura del escal&on. ($0.5 \text{ m} < h_E < 2.0 \text{ m}$).

- Aireador tipo ranura.

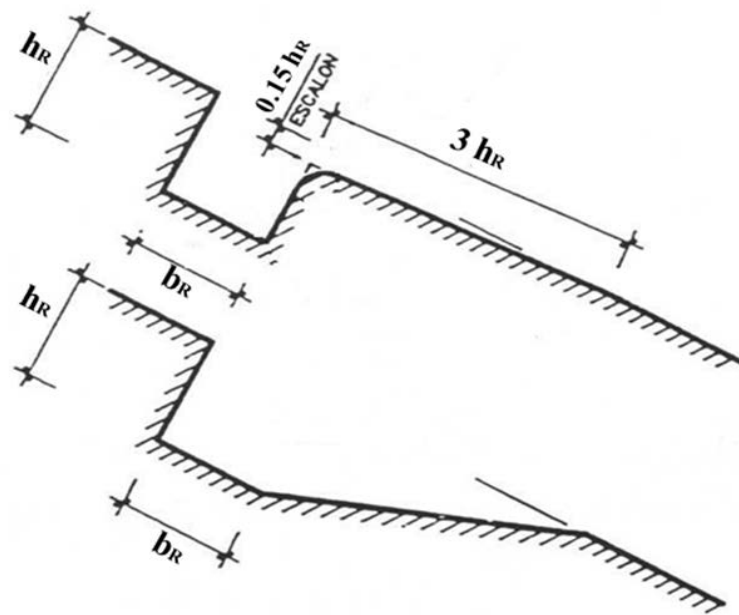


Figura 7.4. Estructura de un aireador tipo ranura. (Falvey, 1990).

donde:

h_R = altura de la ranura. ($0.2 \text{ m} < h_R < 2.0 \text{ m}$).

b_R = ancho de la ranura. ($1.0 \text{ m} < b_R < 2.0 \text{ m}$).

- Aireador compuesto (rampa más escalón).

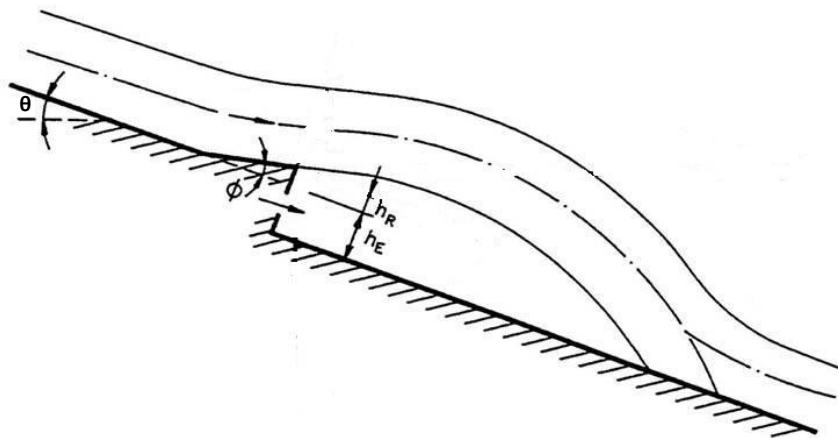


Figura 7.5. Estructura de un aireador tipo combinación rampa y escalón. (Falvey, 1990).

En cuanto al coeficiente de depresión (K_a); éste está dado por una de las siguientes expresiones:

$$Ap = Ka * Q^2 \quad (7.1)$$

donde:

Ap = depresión del aire. (0.5 m < Ap < 2.0 mca).

Q = caudal de aire. (m³/s).

$$Ka = (k_l + f * 4 * L / R_h) / 2g / S^2 * d_a / d_w \quad (7.2)$$

donde:

k_l = pérdidas localizadas. (0.1).

f = coeficiente de fricción. (plástico = 0.01, acero = 0.015 y hormigón = 0.02).

d_a = densidad del aire. (1.2 kg/m³).

d_w = densidad del agua. (1000 kg/m³).

R_h = radio hidráulico. (m).

S = sección mojada. (m²).

L = longitud de la rápida. (m).

De tal manera que el coeficiente de depresión en un primer cálculo se puede considerar de 0, sus unidades son mca/(m³/s)².

7.4. Hipótesis y parámetros de cálculo. Datos Hidráulicos.

En lo que corresponde a este punto, denominado por el programa como “*Hipótesis de cálculo*”, se lleva a cabo la elección de los parámetros y caudal para el cálculo hidráulico del aliviadero.

En esta etapa se seleccionan los diferentes parámetros que las formulaciones incluidas en el programa requieran, de acuerdo con lo antes mencionado. En caso de que no se elijan los parámetros de cálculo, el programa propone la adopción de los denominados “parámetros base”.

Posteriormente debe indicarse el caudal con el que se desea hacer el cálculo y la separación entre perfiles transversales del aliviadero. En el caso de desagüe bajo compuerta, se indicarán tanto la apertura como el coeficiente de desagüe de la misma ⁶.

⁶ Fórmulas de cálculo y parámetros utilizados se encuentran en el apartado 4.2.4 de Gutiérrez Serret y Palma Villalón, “Aireación en las Estructuras Hidráulicas de las Presas: Aliviaderos y Desagües Profundos”, 1994.

7.5. Ejemplo numérico de la aplicación de la aireación artificial en las presas de gravedad vertedero. Primer Caso.

De lo expuesto anteriormente para el Primer Caso, se tiene que la presa seleccionada para llevar a cabo el ejemplo numérico es la siguiente:

Tabla 7.1. Presa seleccionada de gravedad vertedero, fuera de su rango de funcionamiento.

Cuenca Hidrográfica	Titular	Presa	Tipo de Cuenco	Identificativo
SEGURA	ESTADO	JOSÉ BAUTISTA	USBR III	P37

Los datos geométricos e hidráulicos de entrada son:

Cota NMN:	131.5 Msnm
Cota Cimentación:	103.5 Msnm
Cota del Cuenco:	106.95 Msnm
Cota del umbral del vertedero:	131.5 Msnm
Cota solera anterior al vertedero:	106 Msnm
Ancho vertedero:	109.37 M
Rugosidad del aliviadero:	2 Mm
Cota del cauce a la salida:	106 Msnm
Caudal de diseño:	2080 m ³ /s

La planta general de la presa puede verse en la Figura 7.6. El perfil del aliviadero se muestra en la Figura 7.7, cuyos datos de la rápida se presentan en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2. Datos de la rápida.

Sección	Distancia (m)	Cota (msnm)	Ancho (m)
1	0	131.50	109.37
2	6.92	128.17	109.37
3	8.92	125.59	109.37
4	10.92	122.83	109.37
5	12.92	120.43	109.37
6	14.92	117.85	109.37
7	16.92	115.27	109.37
8	18.92	112.69	109.37
9	20.92	110.11	109.37
10	23.48	106.95	109.37

donde:

Sección : División transversal de la rápida.

Distancia : La longitud en metros con respecto al origen, marcada ésta desde el umbral del vertedero hacia aguas abajo del aliviadero.

Cota : La altura en metros sobre nivel del mar de cada sección transversal obtenida.

Ancho : La longitud transversal en metros de cada sección obtenida del aliviadero.

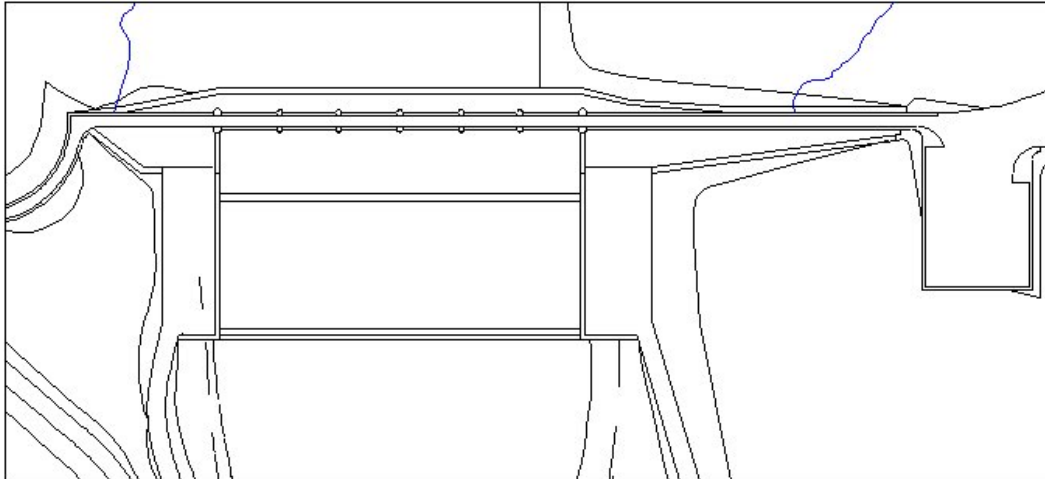


Figura 7.6. Planta de la estructura de la presa José Bautista. Escala 1:2300.

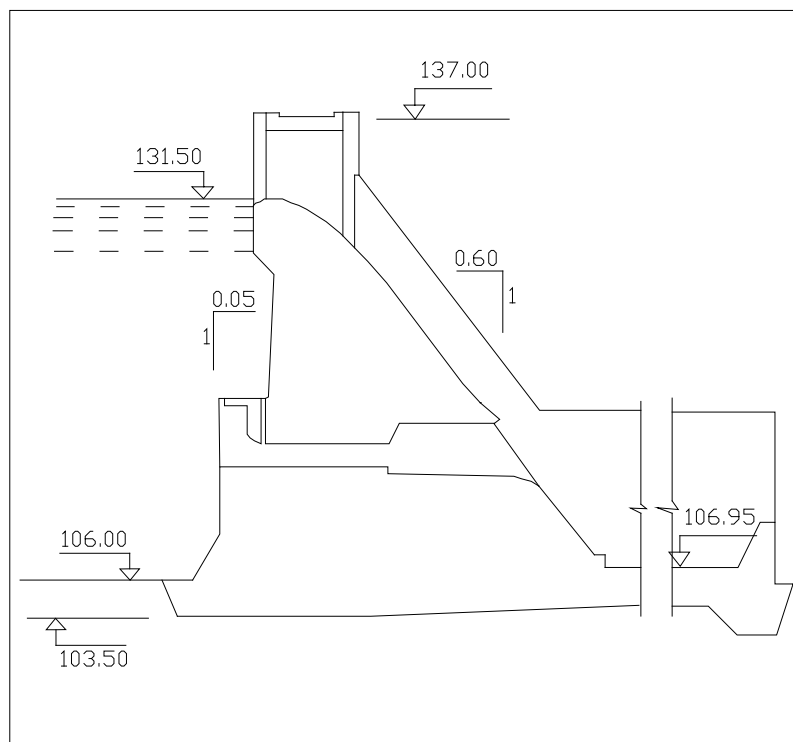


Figura 7.7. Sección transversal de la estructura de la presa José Bautista. Escala 1:500.

A partir de los datos anteriores se lleva a cabo el cálculo hidráulico de la rápida, utilizando el programa de cálculo ALIV-AIR, las condiciones iniciales del flujo a la entrada del cuenco amortiguador, resultando los siguientes valores (Figuras 7.8 – 7.10):

PRESA JOSE BAUTISTA		Directorio: J:\JBAUTISTA
Cota umbral del vertedero : 131.50 msnm		
Cota solera anterior al vertedero : 106.00 msnm		
Ancho del vertedero : 109.4 m		
Pendiente inicial del aliviadero : 0.5763 (v/h)		
Rugosidad superficial del aliviadero : 2.0 mm		
Cota del cuenco amortiguador : 106.95 msnm		
Caudal de diseño : 2800.0 m ³ /sg		
Diseño del vertedero		
Coeficiente de desagüe: 2.11		
Espesor lámina de diseño : 4.34 m		
Distancia horizontal : 2.49 m		
Cota : 130.73 msnm		
Longitud desarrollo : 3.92 m		

Figura 7.8. Datos de entrada y diseño del vertedor. Programa ALIV-AIR.

Perfiles					
PERFIL	DIST. ORIGEN	DESARR. LC	COTA C	ANCHO B	PENDIENTE U/H
No	(m)	(m)	(msnm)	(m)	
0	-6.51	0.00	106.00	109.4	0.000
1	0.00	1.39	131.50	109.4	0.000
2	2.49	3.92	130.73	109.4	0.576
3	6.92	9.99	128.17	109.4	0.933
4	8.92	13.32	125.59	109.4	1.335
5	10.92	16.59	122.83	109.4	1.290
6	12.92	19.78	120.43	109.4	1.245
7	14.92	23.04	117.85	109.4	1.290
8	16.92	26.31	115.27	109.4	1.290
9	18.92	29.57	112.69	109.4	1.290
10	20.92	32.79	110.11	109.4	1.262
11	23.48	35.80	106.95	109.4	0.617
12	31.48	43.80	106.95	109.4	0.000

Figura 7.9. Perfil de la rápida del aliviadero de la presa. Programa ALIV-AIR.

PERFIL	DIST. ORIGEN	COTA C	CAPA LIMITE ù	CALADO EQUIV. AIRADO he	VELOC. U	MANNING	CONCE. MEDIA C(%)	AIRE FONDO Co(%)	CAUIT. FACTOR ò
No	(m)	(msnm)	(m)	ha(m)	(m/sg)				
0	-6.51	106.00		29.82	0.64				
1	0.00	131.50	0.01	2.94	2.94	6.47	0.0155	0.0	4.57
2	2.49	130.73	0.04	2.25	2.25	8.44	0.0153	0.0	2.69
3	6.92	128.17	0.09	1.71	1.71	11.13	0.0150	0.0	1.74
4	8.92	125.59	0.12	1.42	1.42	13.41	0.0149	0.0	1.16
5	10.92	122.83	0.15	1.25	1.25	15.23	0.0147	0.0	0.89
6	12.92	120.43	0.17	1.14	1.14	16.61	0.0147	0.0	0.75
7	14.92	117.85	0.20	1.06	1.06	17.95	0.0146	0.0	0.63
8	16.92	115.27	0.22	0.99	0.99	19.14	0.0146	0.0	0.56
9	18.92	112.69	0.25	0.94	0.94	20.24	0.0145	0.0	0.50
10	20.92	110.11	0.27	0.90	0.90	21.25	0.0145	0.0	0.45
11	23.48	106.95	0.29	0.85	0.85	22.34	0.0144	0.0	0.41
12	32.48	106.95		8.15	9.60	2.33	0.0166	15.1	0.2
13	47.48	106.95		8.67	8.89	2.19	0.0166	2.5	0.0
14	62.48	106.95		8.65	8.65	2.20	0.0166	0.0	0.0
15	77.48	106.95		8.49	8.52	2.24	0.0166	0.4	0.0

Figura 7.10. Valores calculados de las variables necesarias para caracterizar el flujo, sin aireador. Programa ALIV-AIR.

Con estos datos, se tiene que el punto de funcionamiento inicial de la presa es:

$$P37(Z, q) = (28.89, 19.02)$$

Cuyos valores del calado y velocidad iniciales a la entrada del cuenco son:

$$y_1 = 0.85 \text{ m} \qquad V_1 = 22.34 \text{ m/s}$$

Resultando un número de Froude, igual a:

$$F_1 = 7.74$$

Al situar el punto de funcionamiento anterior en el *ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado* correspondiente al tipo USBR III (Figura 7.11), se observa que cae fuera del rango de funcionamiento del mismo. Por lo que, para lograr trasladar éste punto a la zona de funcionamiento del cuenco tipo USBR III se debe colocar un aireador en la rápida, en la zona inmediatamente aguas arriba de aquella sección donde, comienza a disminuir la concentración de aire y/o el número de cavitación.

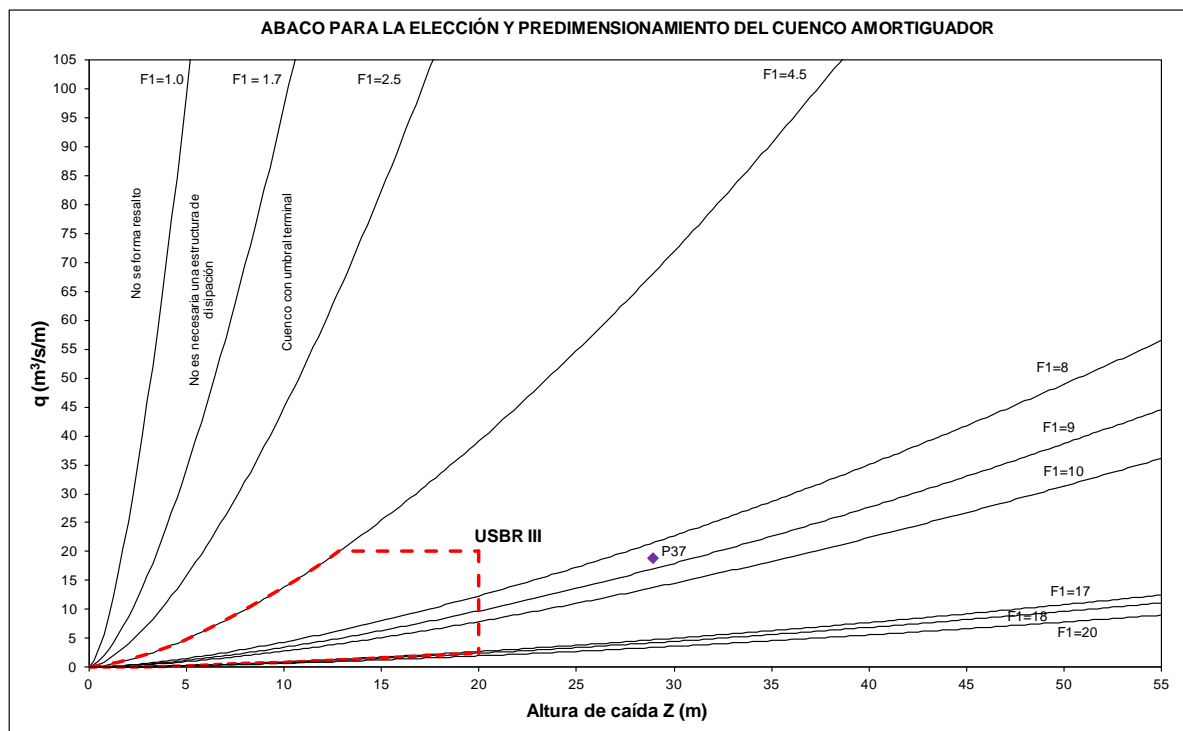


Figura 7.11. Ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado. Tipo USBR III.

De lo anterior, y para todos los casos siguientes en estudio, se comparan los valores de y_{1eq} y v_{1eq} , resultantes después de analizar la utilización de dos tipos de aireadores, aireador tipo rampa y aireador tipo escalón. Con lo que, para verificar que el aireador funciona correctamente en la traslación del punto de funcionamiento, se tiene que cumplir la siguiente condición:

$$y_{1eq} > y_1$$

y

$$v_{1eq} < v_1$$

donde:

y_{1eq} = calado equivalente del flujo utilizando un aireador.

v_{1eq} = velocidad equivalente del flujo utilizando un aireador.

a. Uso de un aireador tipo rampa.

La tabla 7.3 y la figura 7.12, muestran el diseño del aireador tipo rampa propuesto.

Tabla 7.3. Datos para el diseño del aireador tipo rampa.

Sección	Altura del Escalón (m)	Ángulo (Grados)	Coefficiente de Depresión (mca/(m ³ /s) ²)
2	1	15	0.00E+00

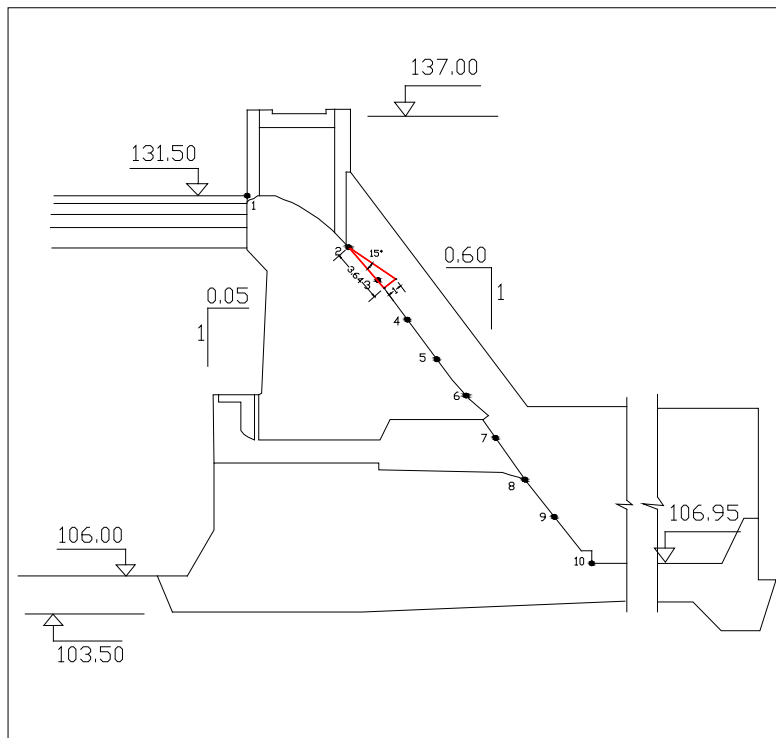


Figura 7.12. Perfil de localización y dimensionado del aireador tipo rampa en la presa José Bautista. Escala 1:500.

Con todos los datos anteriores introducidos en el programa de cálculo y considerando la aireación, se obtienen los siguientes resultados a la entrada del cuenco amortiguador:

$$y_{1eq} = 0.97 \text{ m} \quad \text{y} \quad V_{1eq} = 19.52 \text{ m/s}$$

Cuyo número de Froude correspondiente es:

$$F_1 = 6.33$$

a.1. Calculando las nuevas coordenadas del punto de funcionamiento de la Presa con un aireador.

Para los siguientes datos:

$$Q = 2080 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Caudal de diseño.}$$

$$b = 109.37 \text{ m} \quad \text{Ancho del cuenco.}$$

Teniendo en consideración la condición de caudal siguiente:

$$q = q_{1eq}$$

donde:

q_{1eq} = caudal equivalente del flujo utilizando un aireador.

Por lo que:

$$q = q_{1eq} = 19.02 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Utilizando la ecuación para obtener la altura de caída, descrita en el Capítulo 4, se tiene que el valor de Z es el siguiente:

$$Z = \left[q \left(\frac{F_1}{2.976389} \right)^2 \right]^{2/3}$$

$$Z = 19.48 \text{ m}$$

De lo anterior se tiene que el nuevo punto de funcionamiento de la presa $P37a$ (Figura 7.13), es:

$$P37a(Z, q) = (19.48, 19.02)$$

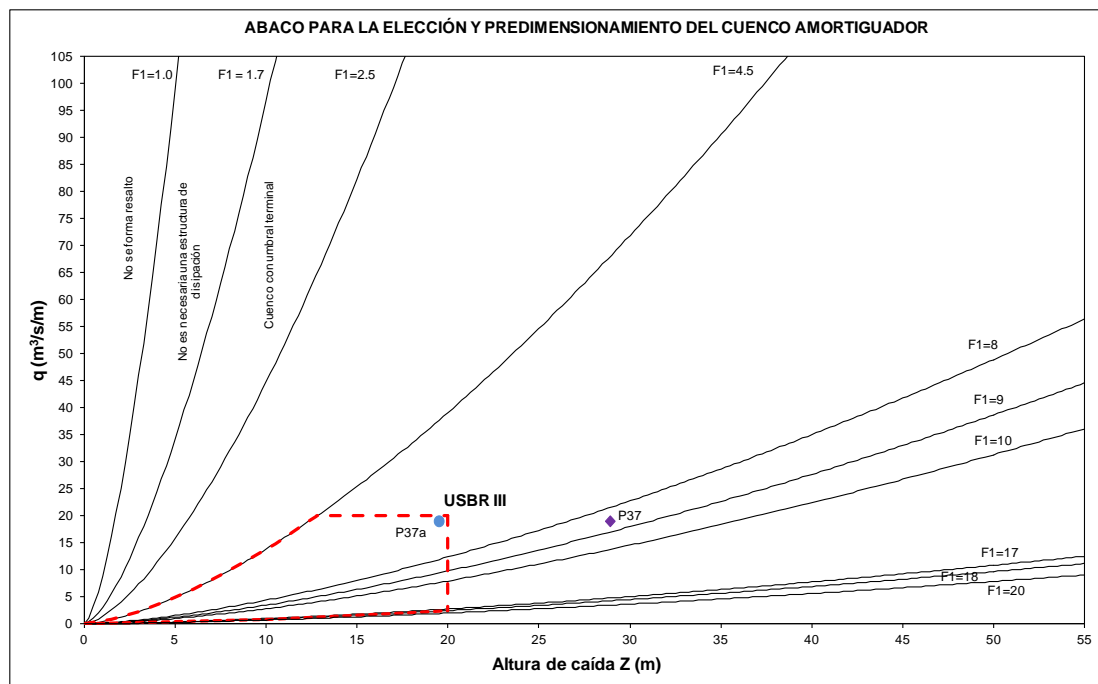


Figura 7.13. Ubicación de los puntos de funcionamiento P37 (sin aireador) y P37a (con aireador).
Aireador tipo rampa.

La Figura 7.14 muestra los resultados obtenidos del programa, cuyos datos corresponden a los arriba mencionados.

PERFIL No	DIST. ORIGEN (m)	COTA C (m)	CAPA LIMITE a (m)	ALZADO EQUIV. AIREADO h _e (m)	ALZADO h _a (m)	VELOC. V (m/sg)	MANING C(x)	CONCE. MEDIA FONDO C _o (%)	AIRE C _a (%)	COEF. FACTOR S
0	-6.51	106.00			29.02	0.64				
1	0.00	131.50	0.01	2.94	2.94	6.47	0.0155	0.0	0.0	4.57
2	2.49	130.73	0.04	2.25	2.25	8.44	0.0153	0.0	0.0	2.69
3	6.92	128.17	0.00	1.77	1.77	10.74	0.0150	0.0	0.0	1.95
4	0.92	127.91	0.10	1.72	1.73	11.05	0.0150	0.7	0.7	1.79
4	10.92	127.07	0.20	1.60	1.63	11.80	0.0150	1.0	1.0	1.49
4	12.92	126.22	0.20	1.51	1.55	12.63	0.0149	2.6	2.6	1.32
4	14.92	124.51	0.40	1.36	1.42	13.96	0.0140	3.0	3.0	1.07
4	16.92	123.10	0.40	1.27	1.33	14.96	0.0140	4.7	4.7	0.92
4	18.92	120.56	0.60	1.15	1.22	16.50	0.0147	6.1	6.1	0.75
4	20.92	118.60	0.60	1.07	1.15	17.73	0.0146	7.1	7.1	0.65
4	23.40	115.23	0.00	0.97	1.07	19.52	0.0145	0.6	0.6	0.53
11.1	25.32	111.37	0.09	0.09	1.00	21.39	0.0145	11.2	90.0	0.44
11.2	27.75	106.95		0.01	1.42	23.34	0.0144	42.6	42.6	0.30
11.3	29.17	106.95		1.79	2.97	10.63	0.0151	39.7	39.7	2.01
12	32.40	106.95		7.39	9.03	2.57	0.0165	10.1	0.4	
13	46.40	106.95		7.94	0.35	2.40	0.0165	5.0	0.0	
14	60.40	106.95		0.03	0.06	2.37	0.0166	0.4	0.0	
15	74.40	106.95		7.92	7.95	2.40	0.0165	0.3	0.0	

Salida por impresora SI=1 NO=07 _

Figura 7.14. Valores calculados de los parámetros necesarios para caracterizar el flujo, con aireador tipo rampa.
Programa ALIV-AIR.

Con la obtención de los resultados anteriores, se concluye que, al incluir un aireador, se ha conseguido trasladar el punto de funcionamiento inicial dentro de la región de funcionamiento correspondiente al tipo USBR III, como se puede observar en la Figura 7.13. Esto se ve

reflejado en la disminución del número de Froude, motivada por la disminución de la velocidad así como por el aumento del valor del calado.

A continuación, se presenta una relación comparativa entre los valores de los parámetros que caracterizan al flujo, obtenidos por los efectos que provoca la aireación artificial del flujo a la entrada del cuenco.

Tabla 7.4. Comparativa de los parámetros entre el flujo sin airear y aireador.

Parámetro del flujo	Sin aireador	Con aireador	Incremento (%)
Concentración de aire en el fondo. (%)	0.00	8.60	8.60%
Numero de cavitación. (m)	0.53	0.53	0.00%
Calado equivalente. (m)	0.85	0.97	14.10%

Además, se añade a las conclusiones algunas de las razones por las cuales utilizando un aireador tipo rampa la cota a la entrada del cuenco no corresponde a la cota de solera del cuenco original, así como las ventajas que se conseguirían con la adaptación del cuenco tipificado USBR III a otro como alternativa de solución al problema planteado de la presa José Bautista (*P37*), dichas razones son las siguientes:

1. Analizando las características geométricas del cuenco existente, se asume que corresponde a un cuenco tipificado tipo USBR III, el cual presenta un mal funcionamiento, esto debido a que el punto de funcionamiento de la presa se localiza fuera del rango de aplicación del mismo, carece de bloques amortiguadores en el centro del cuenco y cuenta con una longitud de cuenco correspondiente a un cuenco tipo USBR II ($L_c = 38$ m).
2. Una alternativa de solución que se propone es adaptar o modificar el cuenco amortiguador tipificado existente (USBR III) por otro, en el cual este ubicado el punto de funcionamiento (*P37* o *P37a*) dentro de su rango de funcionamiento. Para el caso de *P37* (sin aireador), se pueden considerar los siguientes tipos: USBR II, VNIIG II, VNIIG IV y USCEu; para el caso de *P37a* (con aireador), se consideran los siguientes tipos: SAF, USBR II, VNIIG II, VNIIG IV Y USCEd. (Figura 7.15).
 - i. Para el caso de no instalar un aireador para adaptar y/o modificar el cuenco USBR III a los propuestos, en caso de un mal funcionamiento del cuenco debido a que se trata de una presa existente, la mejor propuesta para la presa es la adaptación a un cuenco tipo VNIIG II garantizando un mejor funcionamiento del cuenco amortiguador, en relación a las características

hidráulicas de la presa P37, así como también una ahorro en la construcción de la longitud del cuenco.

- ii. Para el caso de instalar un aireador, como se puede observar en la figura 7.15, se logra trasladar el punto de funcionamiento original de la presa P37 al límite del rango de aplicación de su respectivo cuenco proyectado (USBR III), para lo cual bastaría con la construcción de los bloques amortiguadores intermedios que faltan para constituir un cuenco amortiguador tipo USBR III, obteniéndose con este una longitud de cuenco igual a $L_c = 23$ m que comparada con la longitud real $L_c = 38$ m, se concluye que con la instalación de un aireador el cuenco amortiguador existente funcionaría con un diseño sobrado, garantizando un mejor funcionamiento.

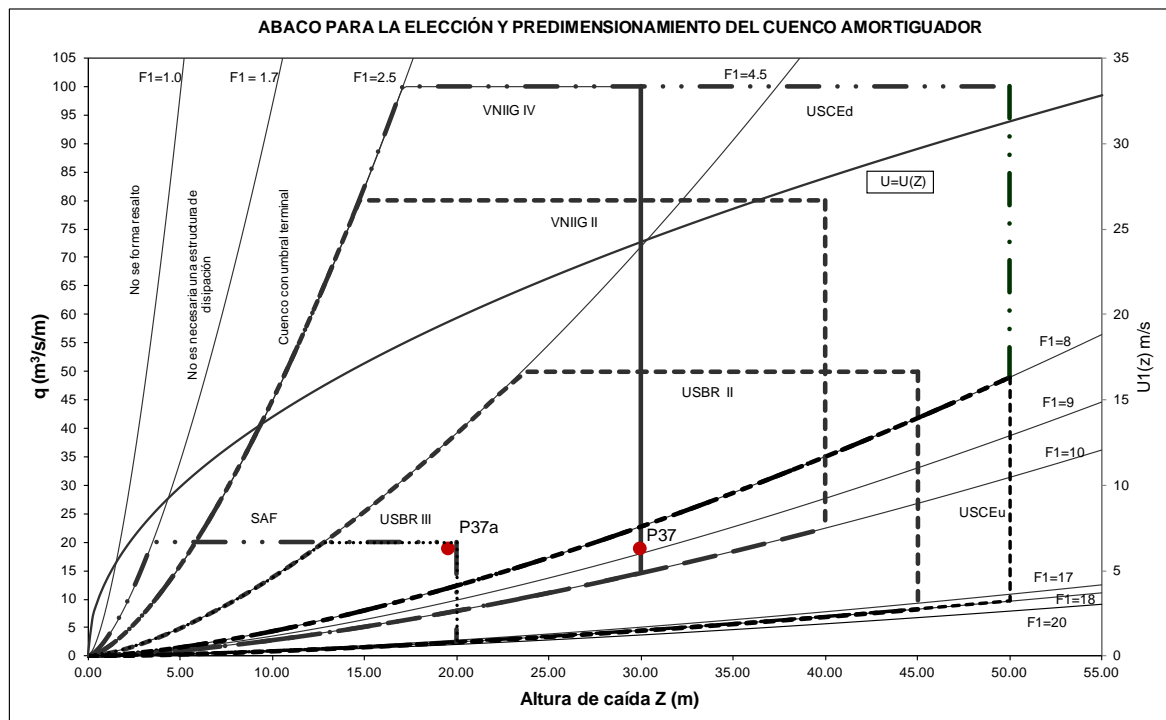


Figura 7.15. Ubicación de la P37 y P37a en el ábaco general para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado.

b. Uso de aireador tipo escalón.

La tabla 7.5 y la figura 7.16, muestran el diseño del aireador tipo rampa propuesto.

Tabla 7.5. Datos para el diseño del aireador tipo escalón.

Sección	Altura del Escalón (m)	Ángulo (Grados)	Coefficiente de Depresión (mca/(m ³ /s) ²)
4	1.5	0	0.00E+00
8	1.5	0	0.00E+00

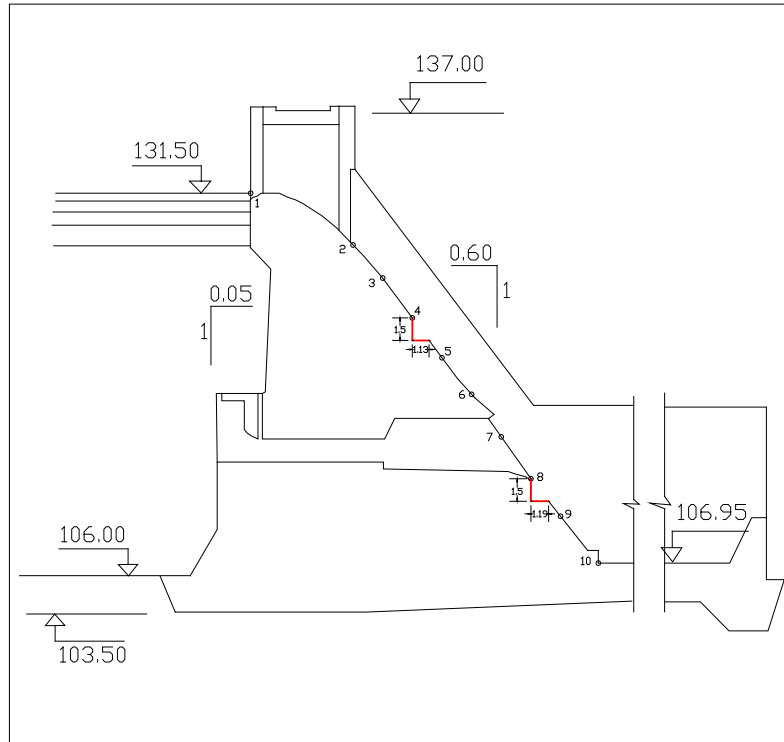


Figura 7.16. Perfil de localización y dimensionado del aireador tipo escalón en la presa José Bautista.
Escala 1:500.

Con todos los datos anteriores introducidos en el programa de cálculo y considerando la aireación, se obtienen los siguientes resultados a la entrada del cuenco amortiguador:

$$y_{1eq} = 1.00 \text{ m} \quad \text{y} \quad V_{1eq} = 19.01 \text{ m/s}$$

Cuyo número de Froude correspondiente es:

$$F_1 = 6.07$$

b.1. Calculando las nuevas coordenadas del punto de funcionamiento de la Presa con un aireador.

Para los siguientes datos:

$$Q = 2080 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Caudal de diseño.}$$

$$b = 109.37 \text{ m} \quad \text{Ancho del cuenco.}$$

$$q = q_{1eq} = 19.02 \text{ m}^3/\text{s/m}$$

Utilizando la ecuación para obtener la altura de caída, se tiene que el valor de Z es el siguiente:

$$Z = 18.42 \text{ m}$$

De lo anterior se tiene que el nuevo punto de funcionamiento de la presa P37b (Figura 7.17), es:

$$P37b(Z, q) = (18.42, 19.02)$$

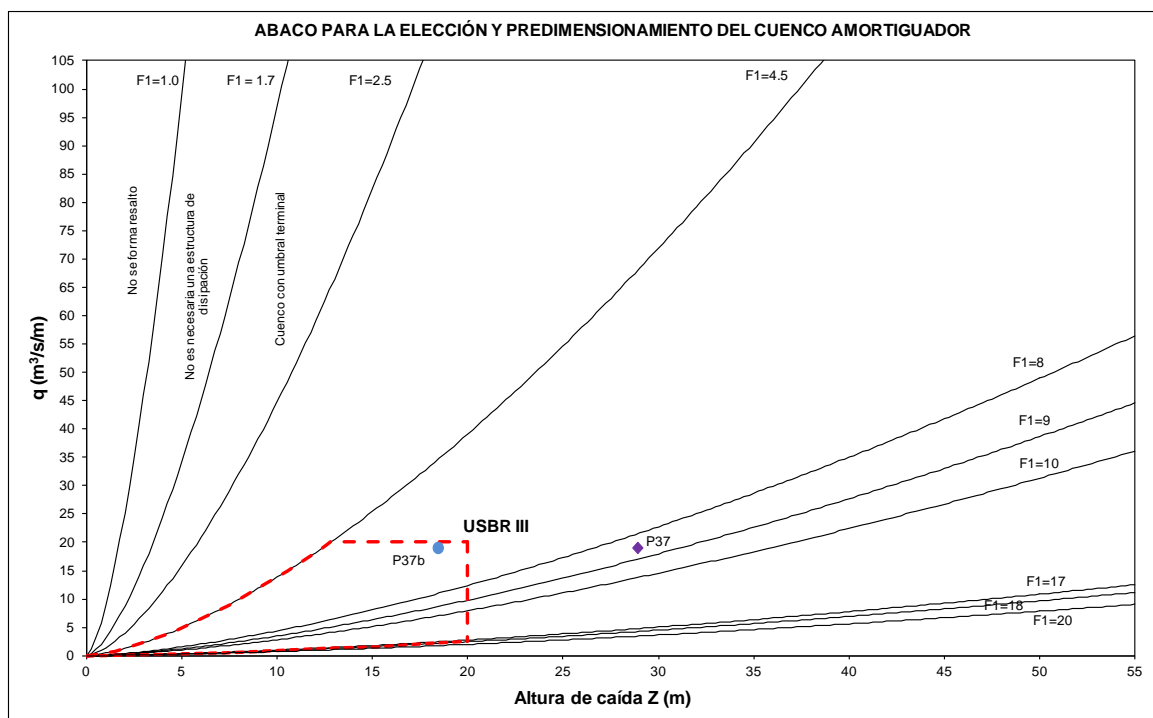


Figura 7.17. Ubicación de los puntos de funcionamiento P37 (sin aireador) y P37b (con aireador). Aireador tipo escalón.

La Figura 7.18 muestra los resultados obtenidos del programa, cuyos datos corresponden a los arriba mencionados.

PROFIL No	DIST. ORIGEN (m)	COTA C (msnm)	CAPA LIMITE h (m)	CALADO EQUIV. AIREADO h _o (m) h _n (m)	VELOC. U (m/sg)	FROUDE F	CONC. AIRE MEDIA FONDO C(x) Co(x)	CAVIT. FACTOR σ
0	-6.51	106.00		29.02	0.64			
1	0.00	131.50	0.01	2.94	2.94	6.47	0.0155	0.0
2	2.49	130.73	0.04	2.25	2.25	0.44	0.0153	0.0
3	6.92	128.17	0.09	1.71	1.71	11.13	0.0150	0.0
4	0.92	125.59	0.12	1.42	1.42	13.41	0.0149	0.0
5	10.92	122.03	0.15	1.25	1.25	15.25	0.0147	0.0
5.1	12.41	120.66		1.15	1.43	16.50	0.0147	19.5
5.2	13.03	120.02		1.37	1.64	13.09	0.0148	16.6
7	14.92	117.05		1.21	1.46	15.66	0.0147	16.6
8	16.92	115.27		1.11	1.33	17.15	0.0146	16.6
9	10.92	112.69		1.03	1.24	10.40	0.0146	16.7
9.1	20.77	110.19		0.96	1.41	19.76	0.0145	31.0
9.2	22.10	109.43		1.00	1.54	17.66	0.0146	30.1
11	23.40	106.95		1.00	1.43	19.01	0.0140	30.0
12	32.40	106.95		6.45	9.00	2.95	0.0157	34.7
13	45.40	106.95		7.26	9.05	2.62	0.0160	19.0
14	50.40	106.95		7.01	0.39	2.44	0.0165	6.9
15	71.40	106.95		7.97	0.06	2.39	0.0165	1.1

Salida por impresora SI:1 NO:07

Figura 7.18. Valores calculados de los parámetros necesarios para caracterizar el flujo, con aireador tipo escalón. Programa ALIV-AIR.

Con la obtención de los resultados anteriores, se concluye que, al incluir un aireador tipo escalón, se ha conseguido trasladar el punto de funcionamiento inicial dentro de la región de funcionamiento correspondiente al tipo USBR III, como se puede observar en la Figura 7.17. Esto se ve reflejado en la disminución del número de Froude, motivada por la disminución de la velocidad así como por el aumento del valor del calado.

A continuación, se presenta una relación comparativa entre los valores de los parámetros que caracterizan al flujo, obtenidos por los efectos que provoca la aireación artificial del flujo a la entrada del cuenco.

Tabla 7.6. Comparativa de los parámetros entre el flujo sin airear y aireado.

Parámetro del flujo	Sin aireador	Con aireador	Incremento (%)
Concentración de aire en el fondo. (%)	0.00	29.00	29.00
Numero de cavitación. (m)	0.53	0.58	9.40
Calado equivalente. (m)	0.85	1.00	17.60

Además, se añade a las conclusiones las alternativas de solución generadas de trasladar el punto de funcionamiento a la región de aplicación del cuenco tipificado USBR III original utilizando un aireador tipo escalón, como alternativa de solución al problema planteado de la presa José Bautista (P37), además de incluir una comparativa entre el uso de los dos tipos de aireadores.

1. Una ventaja que se tiene con la utilización de un aireador tipo escalón, no presenta una distorsión del flujo desarrollando un buen funcionamiento en relación a las características tanto hidráulicas como geométricas de la presa José Bautista
2. Una desventaja de utilizar un aireador tipo escalón, es que constructivamente representa una complicación en su instalación en la rápida del aliviadero de la presa.
3. Una alternativa de solución que se propone es adaptar o modificar el cuenco amortiguador tipificado existente (USBR III), en el cual esté ubicado el punto de funcionamiento (*P37* o *P37b*) dentro de su rango de funcionamiento. Para el caso de *P37* (sin aireador), se pueden considerar los siguientes tipos: USBR II, VNIIG II, VNIIG IV y USCEu; para el caso de *P37b* (con aireador), se consideran los siguientes tipos: SAF, USBR II, VNIIG II, VNIIG III, VNIIG IV Y USCEd. (Figura 7.19).
 - i. Para el caso de no instalar un aireador para adaptar y/o modificar el cuenco USBR III a los propuestos, en caso de un mal funcionamiento del cuenco debido a que se trata de una presa existente, la mejor propuesta para la presa es la adaptación a un cuenco tipo VNIIG II garantizando un mejor funcionamiento del cuenco amortiguador, en relación a las características hidráulicas de la presa P37, así como también una ahorro en la construcción de la longitud del cuenco.
 - ii. Para el caso de instalar un aireador, como se puede observar en la figura 7.19, se logra trasladar el punto de funcionamiento original de la presa P37 al rango de aplicación de su respectivo cuenco proyectado (USBR III), para lo cual bastaría con la construcción de los bloques amortiguadores intermedios que faltan para constituir un cuenco amortiguador tipo USBR III, obteniéndose con este una longitud de cuenco igual a $L_c = 22$ m que comparada con la longitud real $L_c = 38$ m, se concluye que con la instalación de un aireador el cuenco amortiguador existente funcionaría con un diseño sobrado, garantizando un mejor funcionamiento.

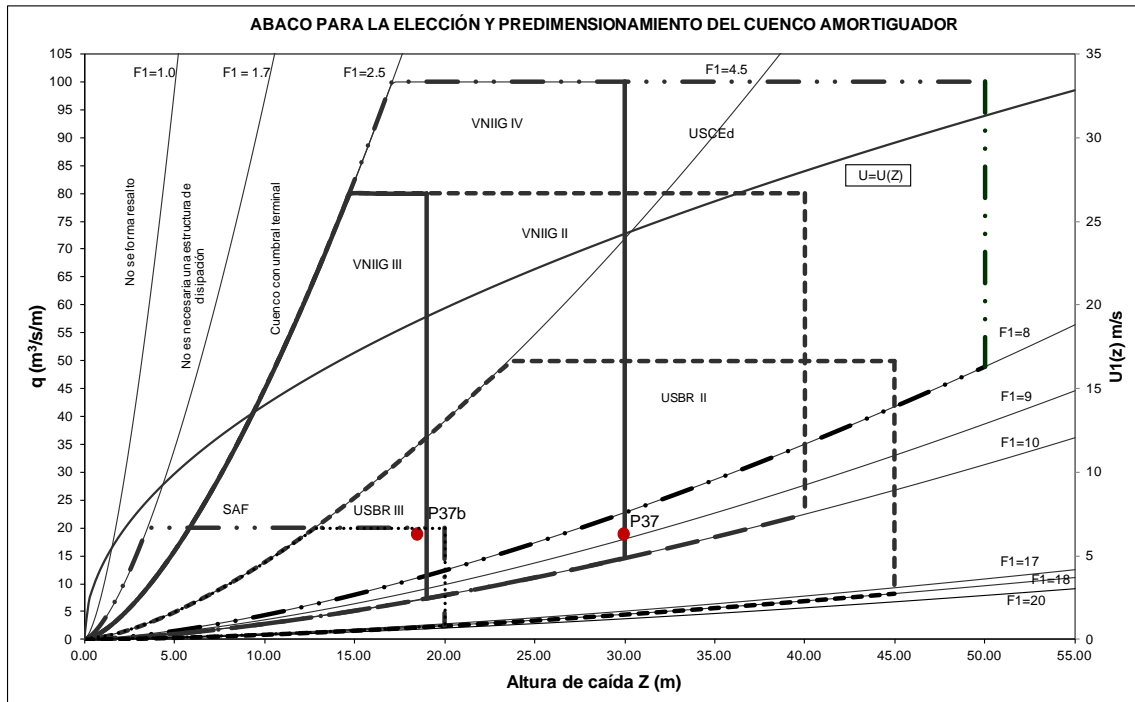


Figura 7.19. Ubicación de la P37 y P37b en el ábaco general para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado.

7.6. Ejemplo numérico de la aplicación de la aireación artificial en las presas de gravedad vertedero. Segundo Caso.

El desarrollo de este apartado se centra en las presas españolas de gravedad vertedero de la muestra obtenida cuyo punto de funcionamiento se encuentra ubicado entre la región fuera de la zona de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados, en relación al *ábaco general para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*, y la región delimitada por la *curva de cavitación*. Las presas situadas en esta región, si bien no presentan daños por cavitación, sí que están funcionando al límite (como se muestra en el Capítulo 6, apartado 6.5).

De lo expuesto anteriormente para el Primer Caso, se tiene que la presa seleccionada para llevar a cabo el ejemplo numérico es la siguiente:

Tabla 7.7. Presas de gravedad vertedero, ubicadas en la zona intermedia.

Cuenca Hidrográfica	Titular	Presas	Tipo de Cuenca	Identificativo
DUERO	ESTADO	SANTA TERESA	No tipificado.	P6
TAJO	IBERDROLA GENERACION S.A.	TORREJÓN TAJO	No tipificado.	P80

7.6.1. Aireación de la Presa Santa Teresa (P6).

Los datos geométricos e hidráulicos de entrada son:

Cota NMN:	882.08 msnm
Cota del Cuenco:	830.99 msnm
Cota del umbral del vertedero:	882.08 msnm
Cota solera anterior al vertedero:	877.10 msnm
Ancho vertedero:	100.00 m
Rugosidad del aliviadero:	2 mm
Cota del cauce a la salida:	830.99 msnm
Caudal de diseño:	2050 m ³ /s
Longitud de la rápida:	48.18 m

La planta general de la presa puede verse en la Figura 7.20. El perfil del aliviadero se muestra en la Figura 7.21, cuyos datos de la rápida se presentan en la Tabla 7.8.

Tabla 7.8. Datos de la rápida.

Sección	Distancia (m)	Cota (msnm)	Ancho (m)
1	0	882.08	100
2	9.64	873.13	100
3	19.28	861.92	100
4	28.92	850.71	100
5	38.56	839.50	100
6	43.81	833.40	100
7	48.18	830.99	100

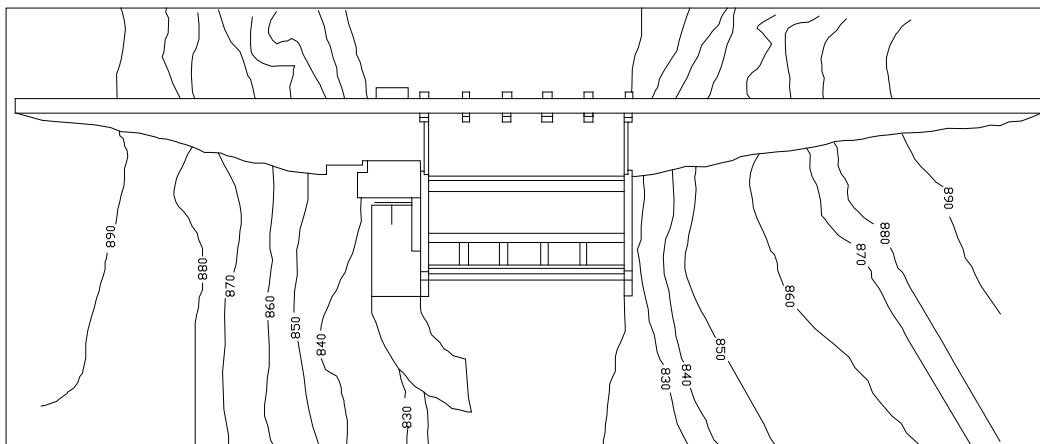


Figura 7.20. Planta de la estructura de la presa Santa Teresa. Escala 1:1500.

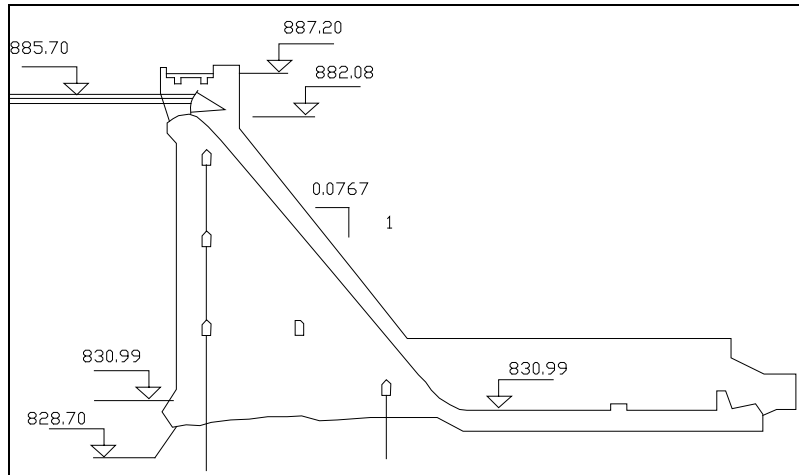


Figura 7.21. Sección transversal de la estructura de la presa Santa Teresa. Escala 1:1350.

A partir de los datos anteriores se lleva a cabo el cálculo hidráulico de la rápida, utilizando el programa de cálculo ALIV-AIR, las condiciones iniciales del flujo a la entrada del cuenco amortiguador, resultando los siguientes valores (Figuras 7.22 – 7.24):

PRESA SANTA TERESA		Directorio: J:\SNTERESA

Cota umbral del vertedero : 882.08 msnm		
Cota solera anterior al vertedero : 877.10 msnm		
Ancho del vertedero : 100.0 m		
Pendiente inicial del aliviadero : 1.5887 (v/h)		
Rugosidad superficie del aliviadero : 2.0 mm		
Cota del cuenco amortiguador : 830.99 msnm		
Caudal de diseño : 2850.0 m³/sg		
Diseño del vertedero		

Coefficiente de desague: 2.07		
Espesor lámina de diseño : 4.61 m		
Distancia horizontal : 8.57 m		
Cota : 874.83 msnm		
Longitud desarrollo : 13.07 m		

Figura 7.22. Datos de entrada y diseño del vertedor. Programa ALIV-AIR.

Perfiles					

PERFIL	DIST. ORIGEN	DESARR. LC	COTA C	ANCHO B	PENDIENTE U/H
No	<m>	<m>	<msnm>	<m>	

0	-6.91	0.00	877.10	100.0	0.000
1	0.00	1.48	882.08	100.0	0.000
2	2.86	4.42	881.13	100.0	0.616
3	5.71	8.28	878.65	100.0	1.110
4	8.57	13.07	874.83	100.0	1.566
5	9.64	14.88	873.13	100.0	1.365
6	19.28	29.67	861.92	100.0	1.163
7	28.92	44.45	850.71	100.0	1.163
8	38.56	59.23	839.50	100.0	1.162
9	43.81	66.15	833.40	100.0	0.857
10	48.18	70.68	830.99	100.0	0.276
11	56.18	78.68	830.99	100.0	0.000

Figura 23. Perfil de la rápida del aliviadero de la presa. Programa ALIV-AIR.

PERFIL	DIST.	COTA	CAPA	LIMITE	CALADO		VELOC.	MANNING	CONCE.AIRE		CAVIT.
No	ORIGEN	C	ü	ü	EQUIV.	AIREADO	U		MEDIA	FONDO	FACTOR
	(m)	(msnm)	(m)	(m)	he(m)	ha(m)	(m/sg)		C(z)	Co(z)	ü
0	-6.91	877.10			9.34	2.19					
1	0.00	882.00	0.02	3.07	3.07	6.67	0.0156	0.0	0.0	4.30	
2	2.86	881.13	0.04	2.30	2.30	8.91	0.0153	0.0	0.0	2.41	
3	5.71	878.65	0.08	1.74	1.74	11.77	0.0150	0.0	0.0	1.38	
4	8.57	874.83	0.12	1.39	1.39	14.71	0.0148	0.0	0.0	0.89	
5	9.64	873.13	0.13	1.31	1.31	15.61	0.0148	0.0	0.0	0.85	
6	19.28	861.92	0.25	0.98	0.98	20.98	0.0146	0.0	0.0	0.46	
7	28.92	850.71	0.36	0.83	0.83	24.75	0.0144	0.0	0.0	0.33	
8	38.56	839.50	0.46	0.74	0.74	27.58	0.0143	0.0	0.0	0.26	
9	43.81	833.40	0.51	0.71	0.71	28.88	0.0143	0.0	0.0	0.24	
10	48.18	830.99	0.54	0.70	0.70	29.24	0.0143	0.0	0.0	0.24	
11	60.18	830.99		9.36	12.12	2.19	0.0167	22.8	1.1		
12	79.18	830.99		10.33	10.77	1.98	0.0167	4.1	0.0		
13	98.18	830.99		10.31	10.34	1.99	0.0168	0.2	0.0		
14	117.18	830.99		10.07	10.10	2.04	0.0168	0.2	0.0		

Salida por impresora SI:1 NO:0?

Figura 7.24. Valores calculados de los parámetros necesarios para caracterizar el flujo, sin aireador. Programa ALIV-AIR.

Con estos datos, se tiene que el punto de funcionamiento inicial de la presa es:

$$P6(Z, q) = (54.71, 20.50)$$

Cuyos valores del calado y velocidad iniciales a la entrada del cuenco son:

$$y_1 = 0.70 \text{ m} \quad V_1 = 29.24 \text{ m/s}$$

Resultando un número de Froude, igual a:

$$F_1 = 11.16$$

Al situar el punto de funcionamiento anterior en la *curva de cavitación* (Figura 7.25), se observa que éste cae en la zona intermedia entre la región fuera del rango de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados y la región delimitada por la curva de cavitación. Por lo que, para lograr trasladar éste punto a la zona de funcionamiento de los cuencos tipificados se colocará un aireador en la rápida, en la zona inmediatamente aguas arriba de aquella sección donde comienza a disminuir tanto la concentración de aire como el número de cavitación.

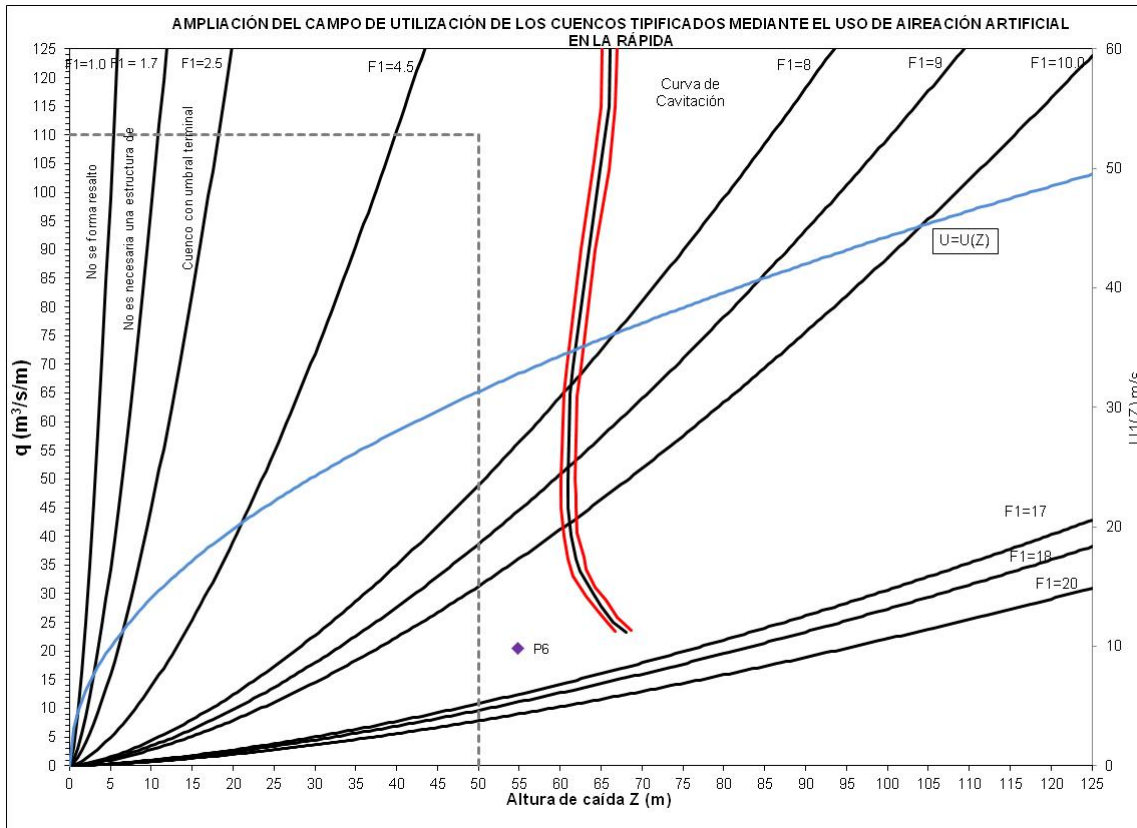


Figura 7.25. Presa P6 en relación a la Curva de cavitación.

a. Uso de un aireador tipo rampa.

La tabla 7.9 y la figura 7.26, muestran el diseño del aireador tipo rampa propuesto.

Tabla 7.9. Datos para el diseño del aireador tipo rampa.

Sección	Altura del Escalón (m)	Ángulo (Grados)	Coefficiente de Depresión (mca/(m³/s)²)
6	0.25	6	0.00E+00

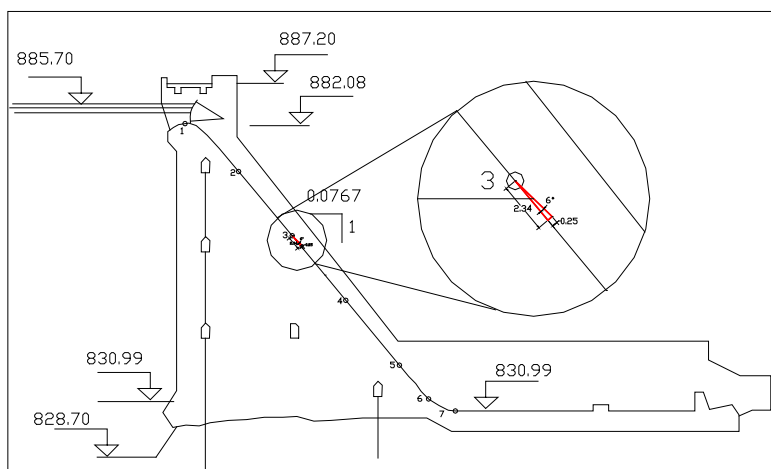


Figura 26. Perfil de localización y dimensionamiento del aireador tipo rampa en la presa Santa Teresa.

Escala 1:1350.

Con todos los datos anteriores introducidos en el programa de cálculo y considerando la aireación, se obtienen los siguientes resultados a la entrada del cuenco amortiguador:

$$y_{1eq} = 0.73 \text{ m} \quad Y \quad V_{1eq} = 28.13 \text{ m/s}$$

Cuyo número de Froude correspondiente es:

$$F_1 = 10.51$$

a.1. Calculando las nuevas coordenadas del punto de funcionamiento de la Presa con un aireador.

Para los siguientes datos:

$$Q = 2050 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Caudal de diseño.}$$

$$b = 100.00 \text{ m} \quad \text{Ancho del cuenco.}$$

Teniendo en consideración la condición de caudal siguiente:

$$q = q_{1eqx}$$

donde:

$$q_{1eq} = \text{caudal equivalente del flujo utilizando un aireador.}$$

Por lo que:

$$q = q_{1eq} = 20.50 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Utilizando la ecuación para obtener la altura de caída, se tiene que el valor de Z es el siguiente:

$$Z = 40.29 \text{ m}$$

De lo anterior se tiene que el nuevo punto de funcionamiento de la presa *P6a* (Figura 7.27), es:

$$P6a(Z, q) = (40.29, 20.50)$$

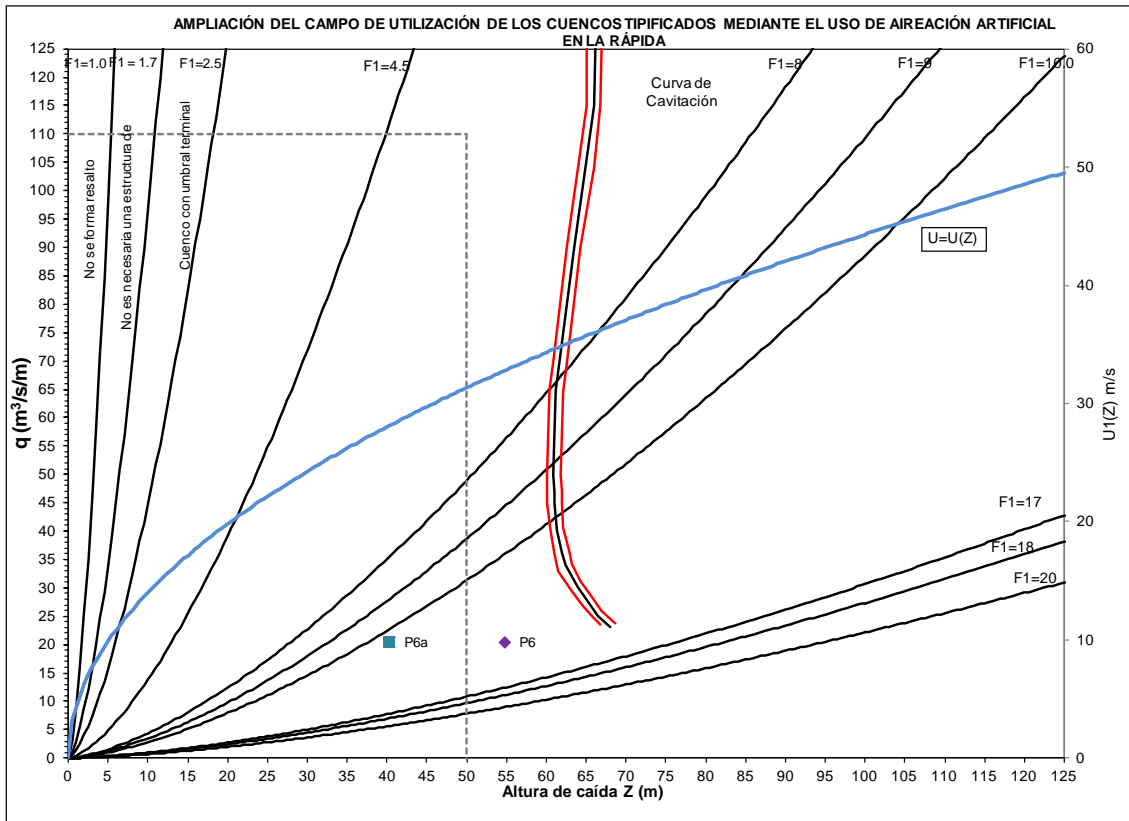


Figura 7.27. Ubicación de los puntos de funcionamiento P6 (sin aireador) y P6a (con aireador). Aireador tipo rampa.

La Figura 7.28 muestra los resultados obtenidos del programa, cuyos datos corresponden a los arriba mencionados.

PERFIL No	DIST. ORIGEN (m)	COTA C (msnm)	CAPA LIMITE δ (m)	CALADO EQUIV. AIERADO h _e (m)	VELOC. U (m/sg)	MANING C(x)	CONCE. MEDIA C(x)	AIRE FONDO C _a (x)	COEF. FACTOR S
0	-6.91	877.10		9.34	2.19				
1	0.00	882.00	0.02	3.07	6.67	0.0156	0.0	0.0	4.30
2	2.86	881.13	0.04	2.30	2.30	0.91	0.0153	0.0	2.41
3	5.71	878.65	0.00	1.74	1.74	11.77	0.0150	0.0	1.30
4	8.57	874.03	0.12	1.39	1.39	14.71	0.0140	0.0	0.89
5	9.64	873.13	0.13	1.31	1.31	15.61	0.0140	0.0	0.85
6	19.20	861.92	0.23	0.98	0.98	20.90	0.0146	0.0	0.47
7	20.92	853.23	0.40	0.83	0.91	24.75	0.0144	9.3	0.33
8	30.56	841.32		0.70	0.92	29.10	0.0141	23.0	0.24
9	43.81	834.16		0.65	0.97	31.41	0.0135	32.9	0.20
9.1	34.40	846.67	0.75	0.75	0.80	27.23	0.0144	14.9	0.27
9.1	43.73	833.44		0.65	1.20	31.63	0.0143	49.6	0.20
9.2	45.02	832.74		0.74	1.44	27.61	0.0143	40.5	0.27
10	40.10	830.99		0.73	1.42	20.13	0.0115	40.5	0.26
11	63.10	830.99		7.01	15.17	2.92	0.0132	53.0	42.2
12	01.10	830.99		0.39	13.60	2.44	0.0137	30.7	9.7
13	99.10	830.99		9.70	12.00	2.11	0.0161	19.7	0.6
14	117.10	830.99		10.54	10.00	1.95	0.0160	3.2	0.0

Figura 7.28. Valores calculados de los parámetros necesarios para caracterizar el flujo, con aireador tipo rampa. Programa ALIV-AIR.

Con la obtención de los resultados anteriores se concluye que, al incluir un aireador, se ha conseguido trasladar el punto de funcionamiento inicial dentro de la región de funcionamiento

de los *ábacos para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*, como se puede observar en la Figura 7.27. Esto se ve reflejado en la disminución del número de Froude, motivada por la disminución de la velocidad así como por el aumento del valor del calado.

A continuación, se presenta una relación comparativa entre los valores de los parámetros que caracterizan al flujo, obtenidos por los efectos que provoca la aireación artificial del flujo a la entrada del cuenco.

Tabla 7.10. Comparativa de los parámetros entre el flujo sin airear y aireado.

Parámetro del flujo	Sin aireador	Con aireador	Incremento (%)
Concentración de aire en el fondo. (%)	0.00	47.90	47.90
Numero de cavitación. (m)	0.24	0.26	8.30
Calado equivalente. (m)	0.70	0.73	4.30

La presa no cuenta con un cuenco amortiguador tipificado, por lo que habrá que comprobar si con el que tiene es suficiente para lograr disipar la energía satisfactoriamente o habría que llevar a cabo una modificación para adaptarlo a la estructura de un cuenco amortiguador tipificado.

Además, se añade a las conclusiones las alternativas de solución generadas de trasladar el punto de funcionamiento a la región de aplicación de los cuencos amortiguadores tipificados utilizando un aireador tipo rampa, como alternativa de solución al problema planteado de la presa Santa Teresa (*P6*).

De lo anterior se tiene que una alternativa de solución que se propone, en caso de un mal funcionamiento del cuenco existente debido a que se trata de una presa existente, es adaptar o modificar el cuenco amortiguador existente a un cuenco tipificado, en el cual esté ubicado el punto de funcionamiento (*P6a*) dentro de su rango de funcionamiento. Por lo que se consideran los siguientes tipos: USBR II y USCEu. (Figura 7.29).

Para el caso de instalar un aireador para adaptar y/o modificar el cuenco existente a los propuestos, lo anterior en relación a la mínima longitud total del cuenco (ver Capítulo 4), por lo que se concluye que la mejor propuesta para la presa *P6* es la adaptación a un cuenco tipo USCEu cuya longitud de cuenco es $L_c = 42$ m, que en comparación con la longitud del cuenco obtenida del tipo USBR II del orden de $L_c = 45$ m, se logra obtener una diferencia entre longitudes de 3 m, representando un ahorro en la construcción del cuenco del 7%.

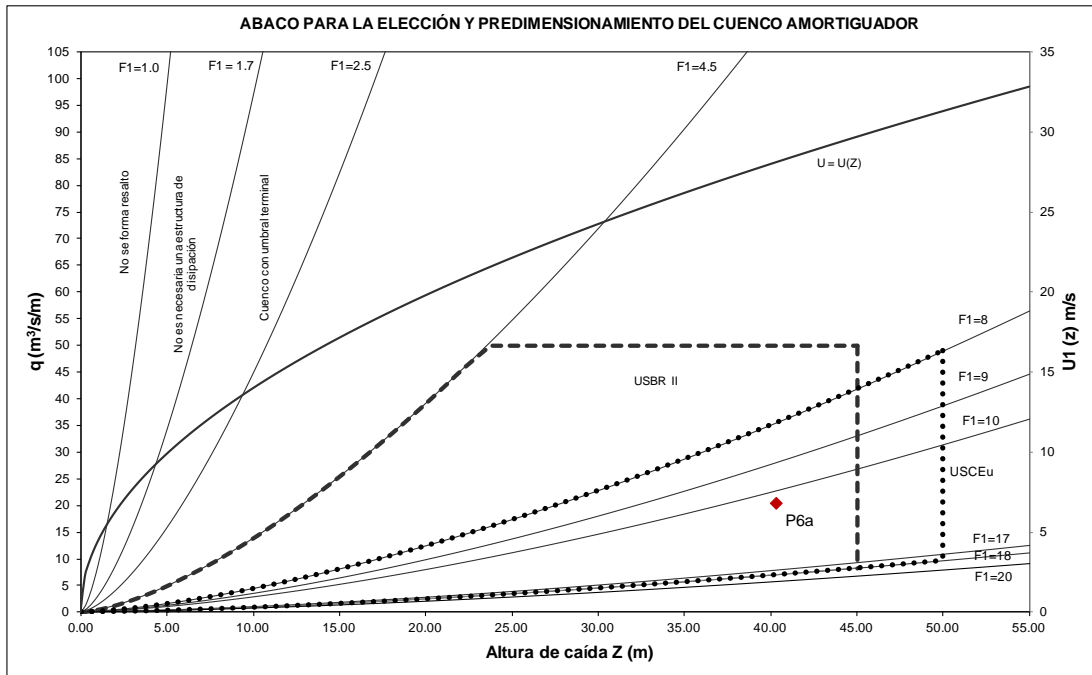


Figura 7.29. Ubicación de la P6a en el ábaco general para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado.

b) Uso de un aireador tipo escalón.

La tabla 7.11 y la figura 7.30, muestran el diseño del aireador tipo rampa propuesto.

Tabla 7.11. Datos para el diseño del aireador tipo escalón.

Sección	Altura del Escalón (m)	Ángulo (Grados)	Coefficiente de Depresión (mca/(m³/s)²)
6	0.5	0	0.00E+00

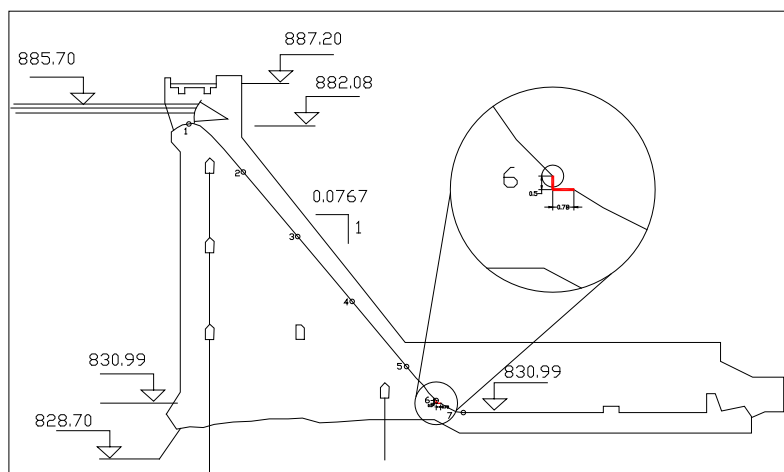


Figura 7.30. Perfil de localización y dimensionamiento del aireador tipo escalón en la presa Santa Teresa. Escala 1:1350.

Con todos los datos anteriores introducidos en el programa de cálculo y considerando la aireación, se obtienen los siguientes resultados a la entrada del cuenco amortiguador:

$$y_{1eq} = 0.78 \text{ m} \quad \text{y} \quad V_{1eq} = 26.39 \text{ m/s}$$

Cuyo número de Froude correspondiente es:

$$F_1 = 9.54$$

b.1. Calculando las nuevas coordenadas del punto de funcionamiento de la Presa con un aireador.

Para los siguientes datos:

$$Q = 2050 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Caudal de diseño.}$$

$$b = 100.00 \text{ m} \quad \text{Ancho del cuenco.}$$

$$q = q_{1eq} = 20.50 \text{ m}^3/\text{s/m}$$

Utilizando la ecuación para obtener la altura de caída, se tiene que el valor de Z es el siguiente:

$$Z = 35.40 \text{ m}$$

De lo anterior se tiene que el nuevo punto de funcionamiento de la presa $P6b$ (Figura 7.31), es:

$$P6b(Z, q) = (35.40, 20.50)$$

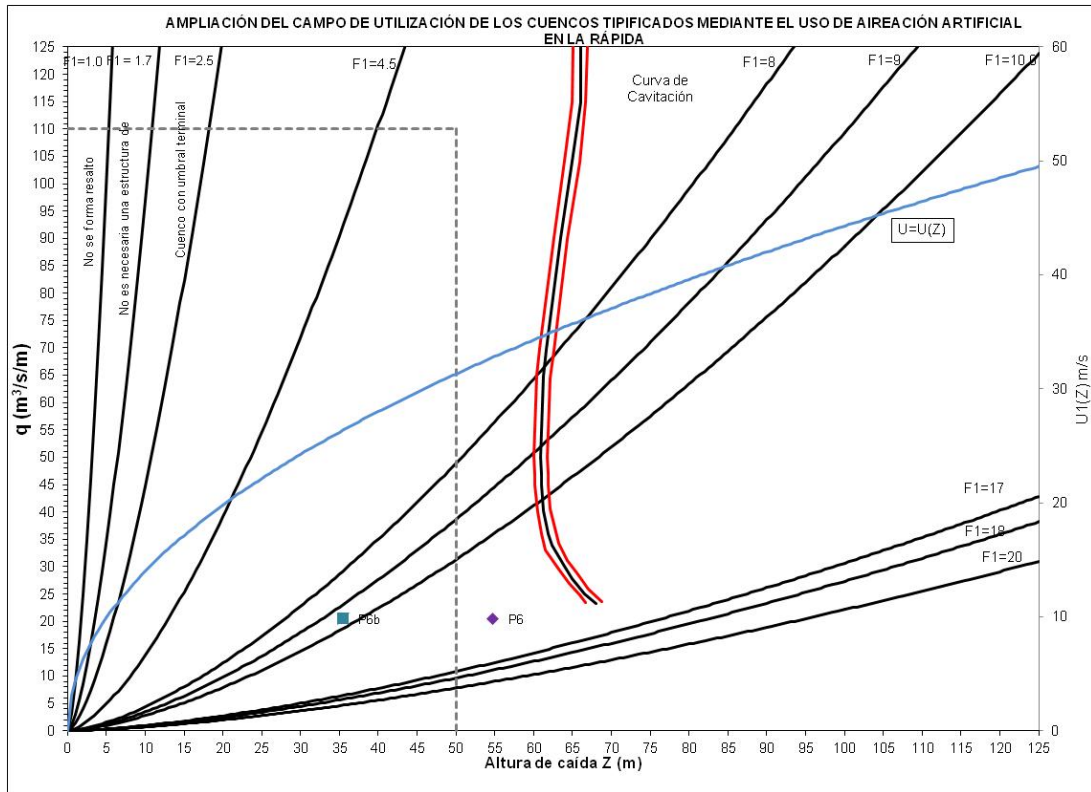


Figura 7.31. Ubicación de los puntos de funcionamiento P6 (sin aireador) y P6b (con aireador). Aireador tipo escalón.

La Figura 7.32 muestra los resultados obtenidos del programa, cuyos datos corresponden a los arriba mencionados.

PERFIL No	DIST. ORIGEN (m)	COTA C (msnm)	CAPA LIMITE \bar{u} (m)	EQUIV. CALADO EQUIV. AIREADO he (m)	UELOC. U (m/sg)	MANNING	CONCE. MEDIA C (%)	AIRE FONDO Co (%)	CAUIT. FACTOR $\bar{\sigma}$
0	-6.91	877.10		9.34	2.19				
1	0.00	882.08	0.02	3.07	3.07	0.0156	0.0	0.0	4.30
2	2.86	881.13	0.04	2.30	2.30	0.0153	0.0	0.0	2.41
3	5.71	878.65	0.08	1.74	1.74	0.0150	0.0	0.0	1.38
4	8.57	874.83	0.12	1.39	1.39	0.0148	0.0	0.0	0.89
5	9.64	873.13	0.13	1.31	1.31	0.0148	0.0	0.0	0.85
6	19.28	861.92	0.25	0.98	0.98	0.0146	0.0	0.0	0.46
7	28.92	850.71	0.36	0.83	0.83	0.0144	0.0	0.0	0.33
8	38.56	839.50	0.46	0.74	0.74	0.0143	0.0	0.0	0.26
9	43.81	833.40	0.52	0.71	0.71	0.0143	0.0	0.0	0.24
9.1	44.50	832.60		0.70	0.98	0.0143	28.5	28.5	0.24
9.2	45.48	832.17		0.78	1.07	0.0144	26.7	26.7	0.30
10	48.18	830.99		0.78	1.06	0.0140	26.8	23.7	0.30
11	60.18	830.99		7.96	12.61	0.0161	36.8	7.9	
12	77.18	830.99		9.12	11.22	0.0161	18.7	0.5	
13	94.18	830.99		9.84	10.20	0.0167	3.5	0.0	
14	111.18	830.99		9.82	9.85	0.0168	0.3	0.0	

Figura 7.32. Valores calculados de los parámetros necesarios para caracterizar el flujo, con aireador tipo escalón. Programa ALIV-AIR.

Con la obtención de los resultados anteriores, se concluye que, al incluir un aireador, se ha conseguido trasladar el punto de funcionamiento inicial dentro de la región de funcionamiento de los *ábacos para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*, como se puede observar en la Figura 7.31. Esto se ve reflejado en la disminución del número

de Froude, motivada por la disminución de la velocidad así como por el aumento del valor del calado.

A continuación, se presenta una relación comparativa entre los valores de los parámetros que caracterizan al flujo, obtenidos por los efectos que provoca la aireación artificial del flujo a la entrada del cuenco.

Tabla 7.12. Comparativa de los parámetros entre el flujo sin airear y aireado.

Parámetro del flujo	Sin aireador	Con aireador	Incremento (%)
Concentración de aire en el fondo. (%)	0.00	26.80	26.80
Numero de cavitación. (m)	0.24	0.30	25.00
Calado equivalente. (m)	0.70	0.78	11.40

Además, se añade a las conclusiones las alternativas de solución generadas de trasladar el punto de funcionamiento a la región de aplicación de los cuencos amortiguadores tipificados utilizando un aireador tipo rampa, como alternativa de solución al problema planteado de la presa Santa Teresa (*P6*).

De lo anterior se tiene que una alternativa de solución que se propone, en caso de un mal funcionamiento del cuenco existente debido a que se trata de una presa existente, es adaptar o modificar el cuenco amortiguador existente a un cuenco tipificado, en el cual esté ubicado el punto de funcionamiento (*P6a*) dentro de su rango de funcionamiento. Por lo que se consideran los siguientes tipos: USBR II, VNIIG II y USCEu. (Figura 7.33).

Para el caso de instalar un aireador para adaptar y/o modificar el cuenco existente a los propuestos, lo anterior en relación a la mínima longitud total del cuenco (ver Capítulo 4), por lo que se concluye que la mejor propuesta para la presa *P6* es la adaptación a un cuenco tipo VNIIG II cuya longitud de cuenco es $L_c = 30$ m, que en comparación con la longitud del cuenco obtenida del tipo USBR II del orden de $L_c = 43$ m y del cuenco tipo USCEu de $L_c = 39$ m, de lo anterior se logra obtener una diferencia entre las longitudes de 13 m y 9 m respectivamente, representando un ahorro en la construcción del cuenco del 30% en comparación con el cuenco tipo USBR II y del 23% en comparación con el cuenco tipo USCEu.

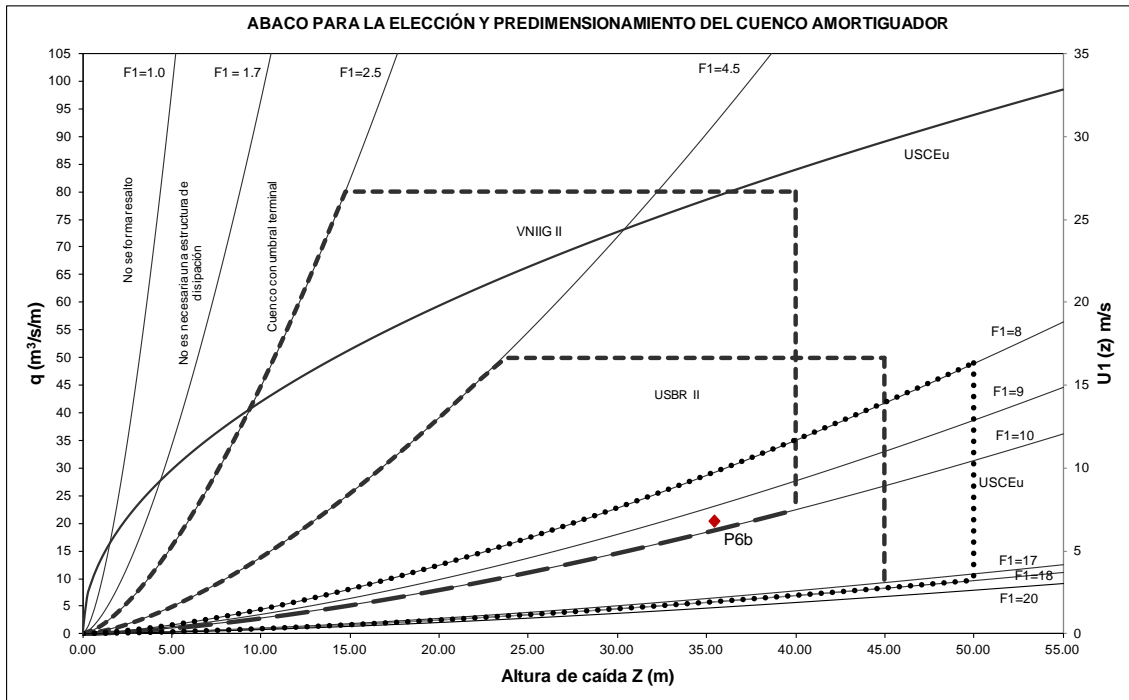


Figura 7.33. Ubicación de la P6b en el ábaco general para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado.

Como nota, hay que considerar que el punto de funcionamiento P6a se localiza en el límite inferior del rango de aplicación del cuenco tipificado VNIIG II.

7.6.2. Aireación de la presa de Torrejón Tajo (P80).

Los datos geométricos e hidráulicos de entrada son:

Cota NMN:	231.50 msnm
Cota del Cuenco:	188.94 msnm
Cota del umbral del vertedero:	233.22 msnm
Cota solera anterior al vertedero:	225.40 msnm
Ancho vertedero:	82.91 m
Rugosidad del aliviadero:	2 mm
Cota del cauce a la salida:	188.94 msnm
Caudal de diseño:	5600 m ³ /s
Longitud de la rápida:	50.99 m

La planta general de la presa puede verse en la Figura 7.30. El perfil del aliviadero se muestra en la Figura 7.31, cuyos datos de la rápida se presentan en la Tabla 7.13.

Tabla 7.13. Datos del canal de descarga.

Sección	Distancia (m)	Cota (msnm)	Ancho (m)
1	0.00	233.22	82.91
2	14.17	225.14	82.91
3	22.27	215.28	82.91
4	30.37	205.42	82.91
5	38.52	195.50	82.91
6	50.99	195.50	82.91

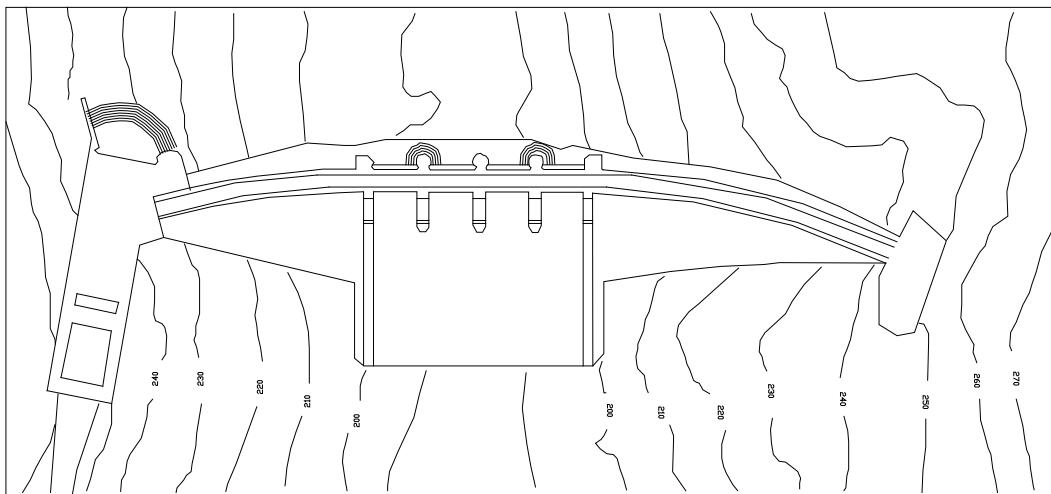


Figura 7.34. Planta de la estructura de la presa Torrejón Tajo. Escala 1:2900.

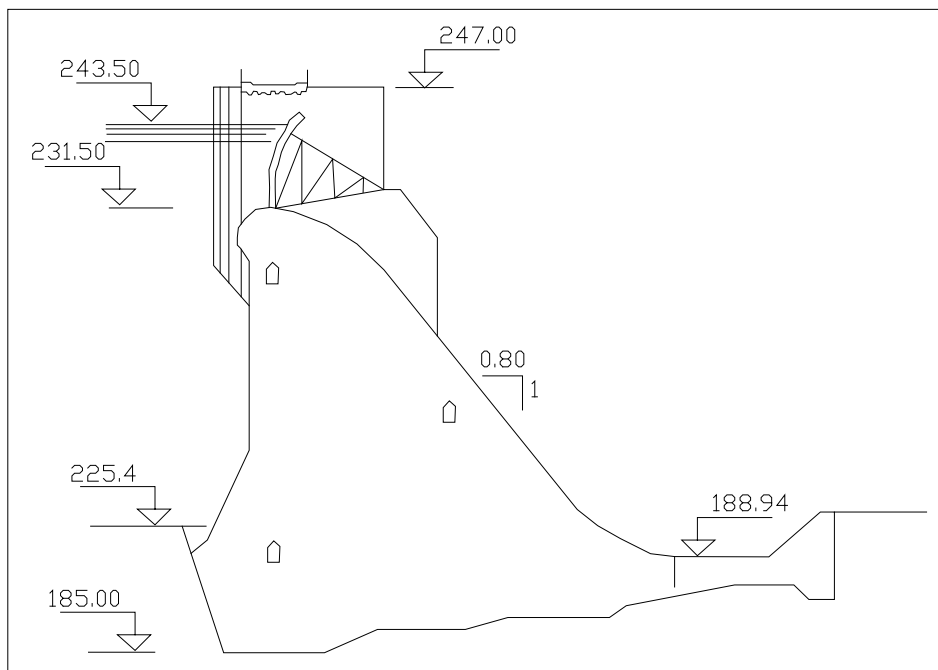


Figura 7.35. Sección transversal de la estructura de la presa Torrejón Tajo. Escala 1:1000.

A partir de los datos anteriores se lleva a cabo el cálculo hidráulico de la rápida, utilizando el programa de cálculo ALIV-AIR, las condiciones iniciales del flujo a la entrada del cuenco amortiguador, resultando los siguientes valores (Figuras 7.36 – 7.38):

PRESA TORREJON		Directorio: J:\AIR-PRES\TORREJON
=====		
Cota umbral del vertedero :	233.22	msnm
Cota solera anterior al vertedero :	225.40	msnm
Ancho del vertedero :	82.9	m
Pendiente inicial del aliviadero :	0.7874	(v/h)
Rugosidad superficie del aliviadero :	2.0	mm
Cota del cuenco amortiguador :	188.94	msnm
Caudal de diseño :	5600.0	m ³ /sg
Diseño del vertedero		

Coefficiente de desague:	2.05	
Espesor lámina de diseño :	10.28	m
Distancia horizontal :	8.51	m
Cota :	229.60	msnm
Longitud desarrollo :	12.52	m

Figura 7.36. Datos de entrada y diseño del vertedor. Programa ALIV-AIR.

Perfiles					

PERFIL	DIST. ORIGEN	DESARR. LC	COIA C	ANCHO B	PENDIENTE U/H
No	<m>	<m>	<msnm>	<m>	

0	-15.42	0.00	225.40	82.9	0.000
1	0.00	3.29	233.22	82.9	0.000
2	4.25	7.45	232.22	82.9	0.437
3	8.51	12.52	229.60	82.9	0.787
4	14.17	20.54	225.14	82.9	1.002
5	22.27	33.30	215.28	82.9	1.217
6	30.37	46.06	205.42	82.9	1.217
7	38.52	56.87	195.50	82.9	0.872
8	50.99	69.77	188.94	82.9	0.263
9	70.99	89.77	188.94	82.9	0.000

Figura 7.37. Perfil de la rápida del aliviadero de la presa. Programa ALIV-AIR.

PERFIL	DIST. ORIGEN	COIA C	CAPA LIMITE u	CALADO EQUIV. AIRADO	UELOC. U	MANNING	CONCE. AIRE MEDIA FONDO	CAUIT. FACTOR o
No	<m>	<msnm>	<m>	he<m> ha<m>	<m/sg>		C< %> Co< %>	

0	-15.42	225.40		17.33	3.90			
1	0.00	233.22	0.03	6.78	9.97	0.0163	0.0	1.93
2	4.25	232.22	0.07	5.65	11.95	0.0161	0.0	1.34
3	8.51	229.60	0.11	4.59	14.72	0.0159	0.0	0.88
4	14.17	225.14	0.18	3.88	17.39	0.0158	0.0	0.81
5	22.27	215.28	0.27	3.01	22.42	0.0155	0.0	0.46
6	30.37	205.42	0.37	2.58	26.19	0.0154	0.0	0.33
7	38.52	195.50	0.44	2.31	29.30	0.0153	0.0	0.26
8	50.99	188.94	0.54	2.18	30.95	0.0152	0.0	0.24

9	70.99	188.94		18.18	3.72	0.0173	13.0	0.1
10	104.99	188.94		18.59	3.63	0.0173	5.8	0.0
11	138.99	188.94		18.65	3.62	0.0173	2.2	0.0
12	172.99	188.94		18.45	3.66	0.0173	0.9	0.0

Salida por impresora SI:1 NO:0?

Figura 7.38. Valores calculados de los parámetros necesarios para caracterizar el flujo, sin aireador.

Programa ALIV-AIR.

Con estos datos, se tiene que el punto de funcionamiento inicial de la presa es:

$$P80(Z, q) = (54.56, 67.54)$$

Cuyos valores del calado y velocidad iniciales a la entrada del cuenco son:

$$y_1 = 2.18 \text{ m} \quad \text{y} \quad V_1 = 30.95 \text{ m/s}$$

Resultando un número de Froude, igual a:

$$F_1 = 6.69$$

Al situar el punto de funcionamiento anterior en la **curva de cavitación** (Figura 7.39), se observa que cae en la zona intermedia entre la región fuera del rango de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados y la región delimitada por la curva de cavitación. Por lo que, para lograr trasladar éste punto a la zona de funcionamiento de los cuencos tipificados se colocará un aireador en la rápida, en la zona inmediatamente aguas arriba de aquella sección donde, comienza a disminuir tanto la concentración de aire como el número de cavitación.

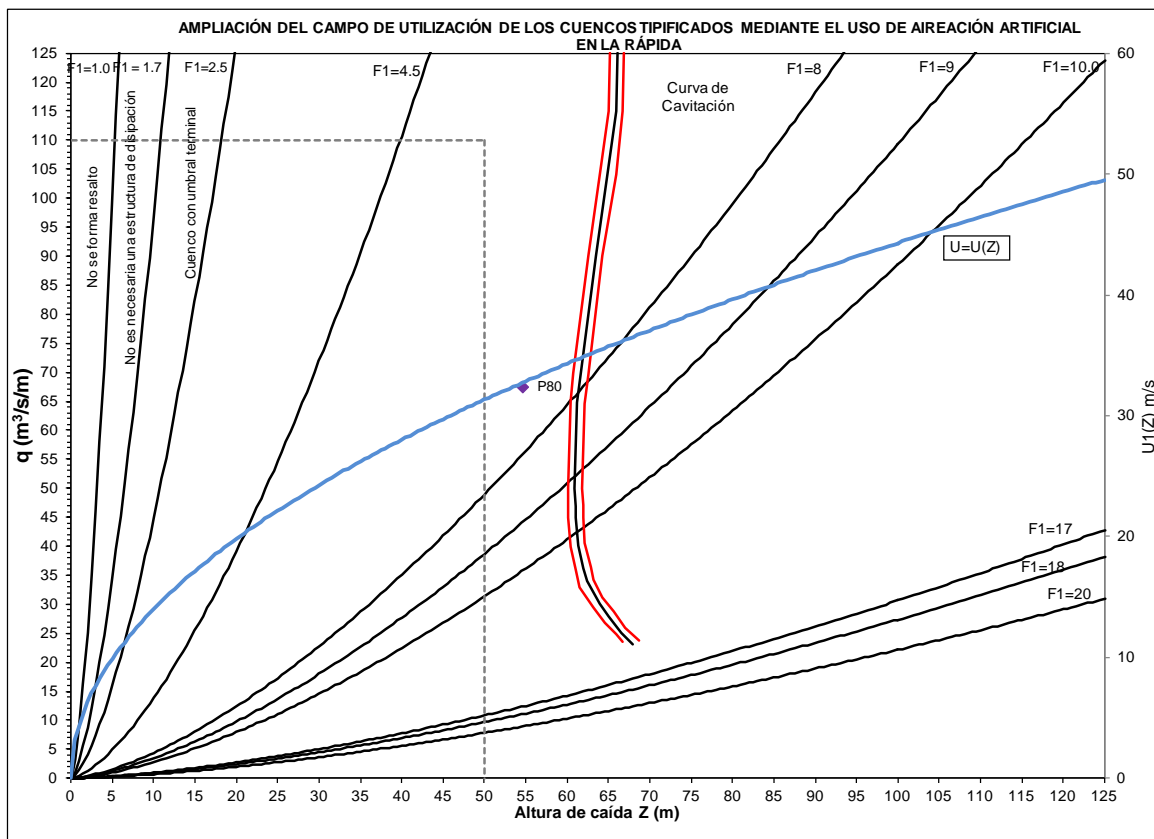


Figura 7.39. Presa P80 en relación a la Curva de cavitación.

a) Uso de un aireador tipo rampa.

La tabla 7.14 y la figura 7.40, muestran el diseño del aireador tipo rampa propuesto.

Tabla 7.14. Datos para el diseño del aireador tipo rampa.

Sección	Altura del Escalón (m)	Ángulo (Grados)	Coefficiente de Depresión (mca/(m ³ /s) ²)
3	0.5	8.5	0.00E+00

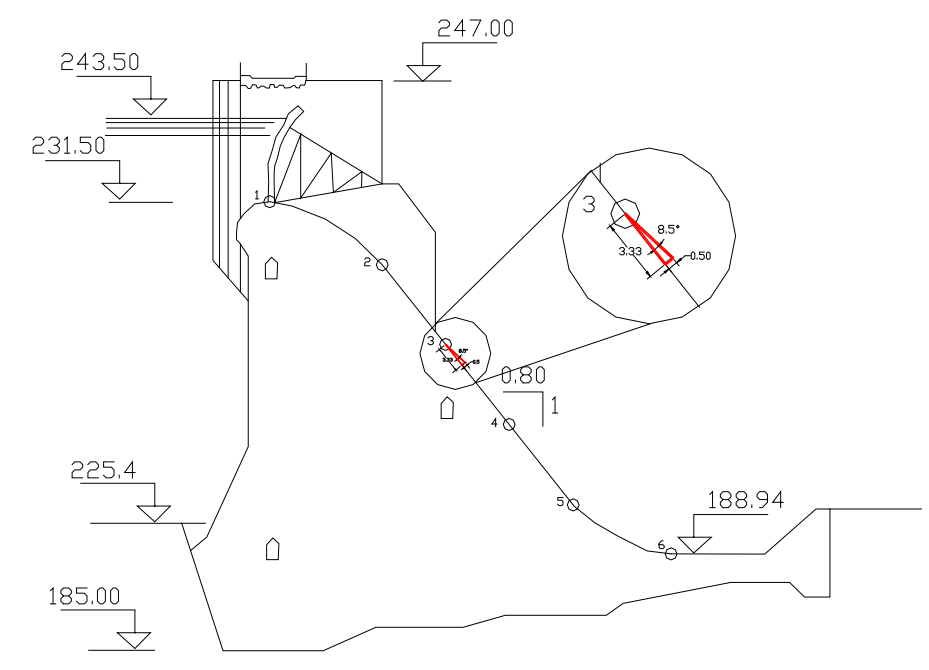


Figura 7.40. Perfil de localización y dimensionamiento del aireador tipo rampa en la presa Torrejón Tajo.
Escala 1:1000.

Con todos los datos anteriores introducidos en el programa de cálculo y considerando la aireación, se obtienen los siguientes resultados a la entrada del cuenco amortiguador:

$$y_{1eq} = 2.41 \text{ m} \quad Y \quad V_{1eq} = 28.07 \text{ m/s}$$

Cuyo número de Froude correspondiente es:

$$F_1 = 5.77$$

a.1. Calculando las nuevas coordenadas del punto de funcionamiento de la Presa con un aireador.

Para los siguientes datos:

$Q = 5600 \text{ m}^3/\text{s}$ Caudal de diseño.

$b = 82.91 \text{ m}$ Ancho del cuenco.

Teniendo en consideración la condición de caudal siguiente:

$$q = q_{1eqx}$$

donde:

q_{1eq} = caudal equivalente del flujo utilizando un aireador.

Por lo que:

$$q = 67.54 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Utilizando la ecuación para obtener la altura de caída, se tiene que el valor de Z es el siguiente:

$$Z = 40.12 \text{ m}$$

De lo anterior se tiene que el nuevo punto de funcionamiento de la presa $P80a$ (Figura 7.41), es:

$$P80a(Z, q) = (40.12, 67.54)$$

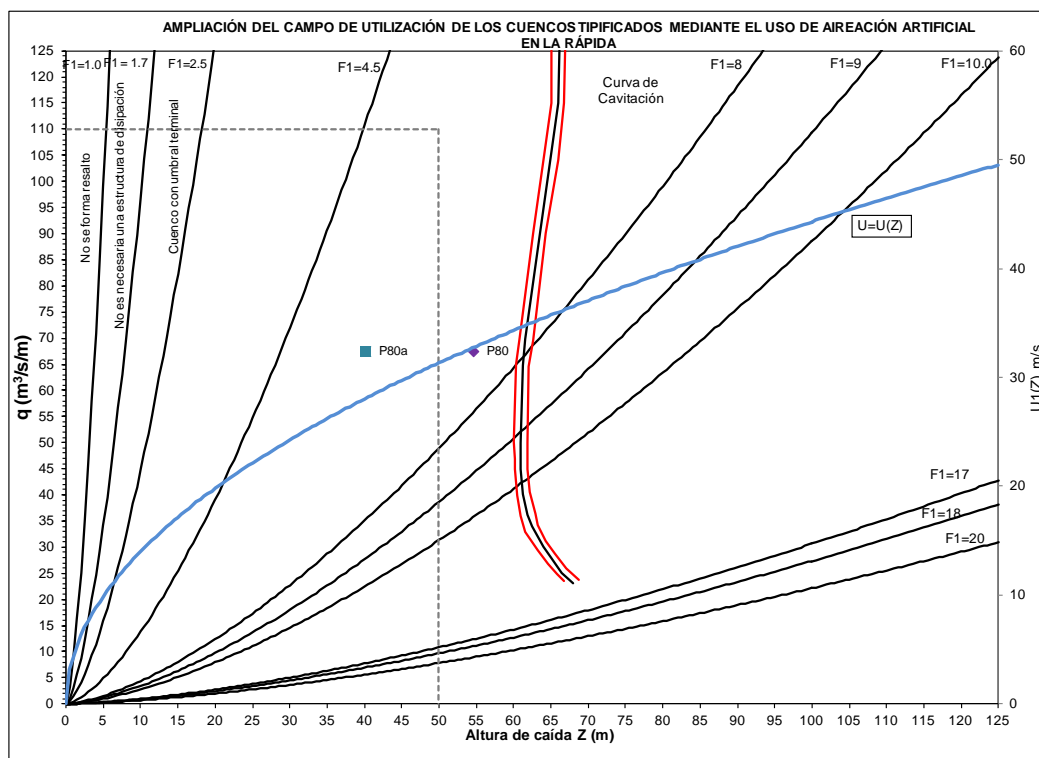


Figura 7.41. Ubicación de los puntos de funcionamiento P80 (sin aireador) y P80a (con aireador). Aireador tipo rampa.

La Figura 7.42 muestra los resultados obtenidos del programa, cuyos datos corresponden a los arriba mencionados.

PERFIL No	DIST. ORIGEN (m)	COTA C (msnm)	CAPA LIMITE \bar{u} (m)	CALADO EQUIV. AIREADO he(m) ha(m)		VELOC. U (m/sg)	MANNING	CONCE. MEDIA C(%)	AIRE FONDO Co(%)	CAUIT. FACTOR $\bar{\sigma}$
0	-15.42	225.40			17.33	3.90				
1	0.00	233.22	0.03	6.78	6.78	9.97	0.0163	0.0	0.0	1.93
2	4.25	232.22	0.07	5.65	5.65	11.95	0.0161	0.0	0.0	1.34
3	8.51	229.60	0.11	4.59	4.59	14.72	0.0159	0.0	0.0	0.88
4	14.17	225.14	0.18	3.88	3.88	17.39	0.0158	0.0	0.0	0.81
5	22.27	215.28	0.26	3.03	3.03	22.30	0.0155	0.0	0.0	0.47
6	30.37	208.18	0.40	2.67	2.75	25.25	0.0154	2.7	2.7	0.35
6	38.52	199.07	0.80	2.36	2.50	28.57	0.0153	5.5	5.5	0.27
7.1	42.53	193.39		2.22	2.92	30.44	0.0152	23.9	23.9	0.25
7.2	45.44	191.86		2.49	3.18	27.13	0.0153	21.8	21.8	0.32
8	50.99	188.94		2.41	3.08	28.07	0.0152	21.8	20.8	0.30
9	71.99	188.94		15.51	21.53	4.35	0.0170	27.9	2.5	
10	102.99	188.94		16.54	20.20	4.08	0.0170	18.1	0.4	
11	133.99	188.94		17.21	19.13	3.92	0.0172	10.0	0.0	
12	164.99	188.94		17.51	18.37	3.86	0.0173	4.7	0.0	

Salida por impresora SI:1 NO:0?

Figura 7.42. Valores calculados de los parámetros necesarios para caracterizar el flujo, con aireador tipo rampa.

Programa ALIV-AIR.

Con la obtención de los resultados anteriores, se concluye que, al incluir un aireador, se ha conseguido trasladar el punto de funcionamiento inicial dentro de la región de funcionamiento de los *ábacos para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*, como se puede observar en la Figura 7.41. Esto se ve reflejado en la disminución del número de Froude, motivada por la disminución de la velocidad así como por el aumento del valor del calado.

A continuación, se presenta una relación comparativa entre los valores de los parámetros que caracterizan al flujo, obtenidos por los efectos que provoca la aireación artificial del flujo a la entrada del cuenco.

Tabla 7.15. Comparativa de los parámetros entre el flujo sin airear y aireado.

Parámetro del flujo	Sin aireador	Con aireador	Incremento (%)
Concentración de aire en el fondo. (%)	0.00	20.80	20.80
Numero de cavitación. (m)	0.24	0.30	25.00
Calado equivalente. (m)	2.18	2.41	10.60

La presa no cuenta con un cuenco amortiguador tipificado, por lo que habrá que comprobar si con el que tiene es suficiente para lograr disipar la energía satisfactoriamente o habría que llevar a cabo una modificación para adaptarlo a la estructura de un cuenco amortiguador tipificado.

Además, se añade a las conclusiones las alternativas de solución generadas de trasladar el punto de funcionamiento a la región de aplicación de los cuencos amortiguadores tipificados utilizando un aireador tipo rampa, como alternativa de solución al problema planteado de la presa Torrejón Tajo (P80).

De lo anterior se tiene que una alternativa de solución que se propone, en caso de un mal funcionamiento del cuenco existente debido a que se trata de una presa existente, es adaptar o modificar el cuenco amortiguador existente a un cuenco tipificado, en el cual esté ubicado el punto de funcionamiento (P80a) dentro de su rango de funcionamiento. La opción que se considera es el tipo USCEd y en alguna ocasión avalada por el diseño de un modelo reducido se pudiera considerar un cuenco tipo VNIIG II, ya que el punto de funcionamiento de la P80a se ubica al límite de la región de aplicación de dicho cuenco. (Figura 7.43).

Se concluye que la propuesta de adaptación de cuenco tipo USCEd para la presa P80 cuenta con una longitud de cuenco igual a $L_c = 47$ m, que en comparación con la longitud del cuenco obtenida del tipo VNIIG II es de $L_c = 55$ m, obteniendo una diferencia de longitudes de 8 m, representando un ahorro en la construcción del cuenco del 17%.

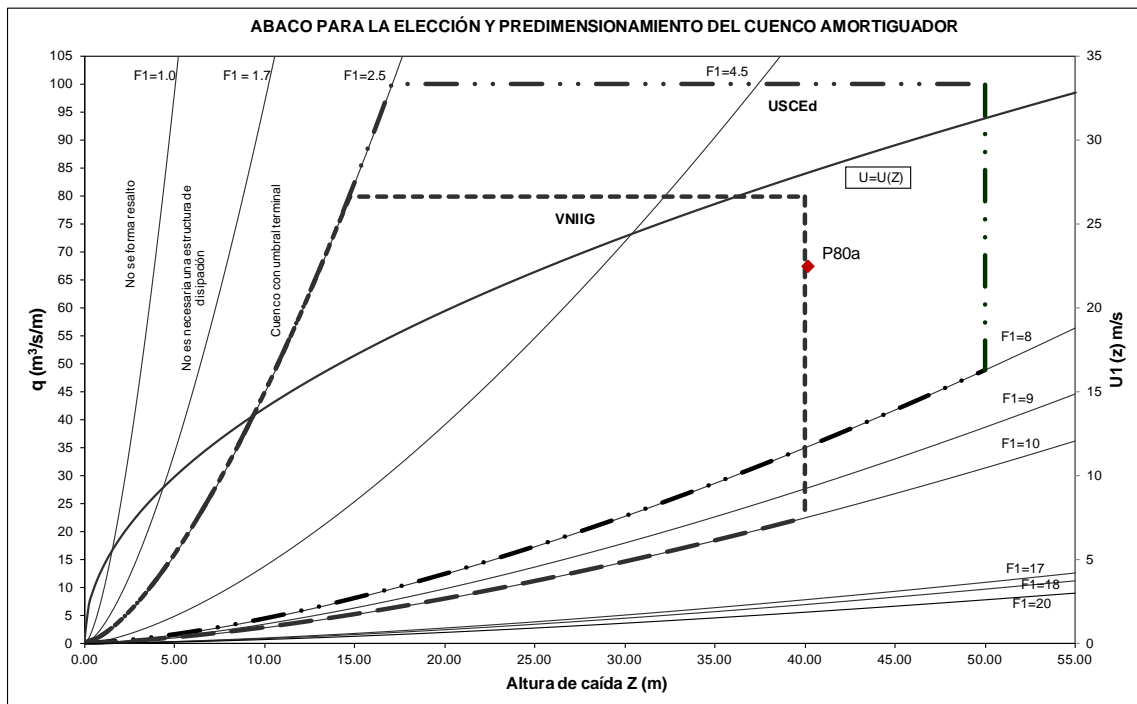


Figura 7.43. Ubicación de la P80a en el ábaco general para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado.

b) Uso un aireador tipo escalón.

La tabla 7.16 y la figura 7.44, muestran el diseño del aireador tipo rampa propuesto.

Tabla 7.16. Datos para el diseño del aierador tipo escalón.

Sección	Altura del Escalón (m)	Ángulo (Grados)	Coefficiente de Depresión (mca/(m ³ /s) ²)
5	0.5	0	0.00E+00

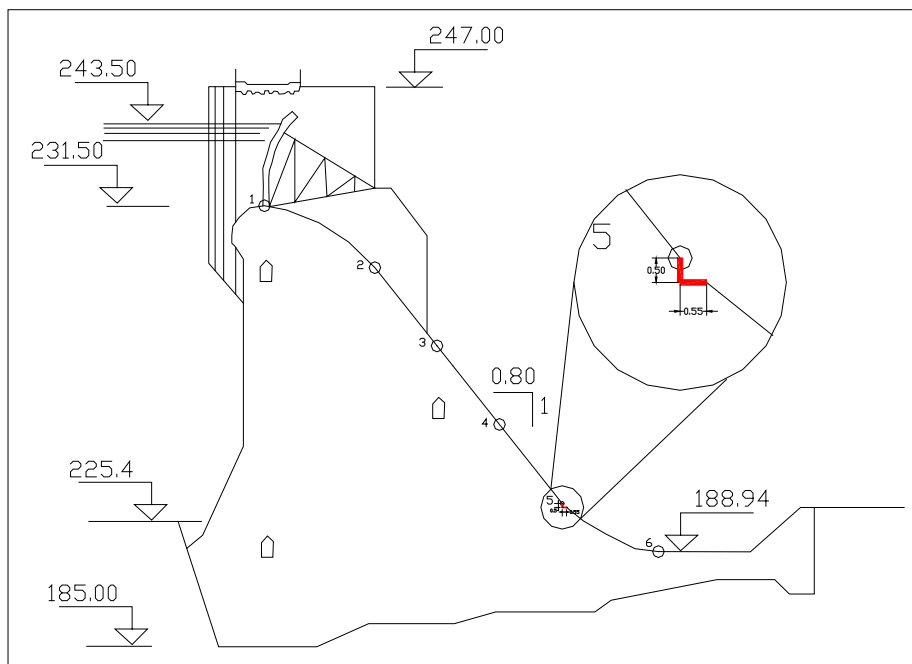


Figura 7.44. Perfil de localización y dimensionamiento del aireador tipo escalón en la presa Torrejón Tajo. Escala 1:1000.

Con todos los datos anteriores introducidos en el programa de cálculo y considerando la aireación, se obtienen los siguientes resultandos a la entrada del cuenco amortiguador:

$$y_{1eq} = 2.40 \text{ m} \quad \text{y} \quad V_{1eq} = 28.19 \text{ m/s}$$

Cuyo número de correspondiente es:

$$F_1 = 5.81$$

b.1. Calculando las nuevas coordenadas del punto de funcionamiento de la Presa con un aireador.

Para los siguientes datos:

$$Q = 5600 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Caudal de diseño.}$$

$$b = 82.91 \text{ m} \quad \text{Ancho del cuenco.}$$

$$q = q_{1eq} = 67.54 \text{ m}^3/\text{s/m}$$

Utilizando la ecuación para obtener la altura de caída, se tiene que el valor de Z es el siguiente:

$$Z = 40.46 \text{ m}$$

De lo anterior se tiene que el nuevo punto de funcionamiento de la presa P80b (Figura 7.45), es:

$$P80b(Z, q) = (40.46, 67.54)$$

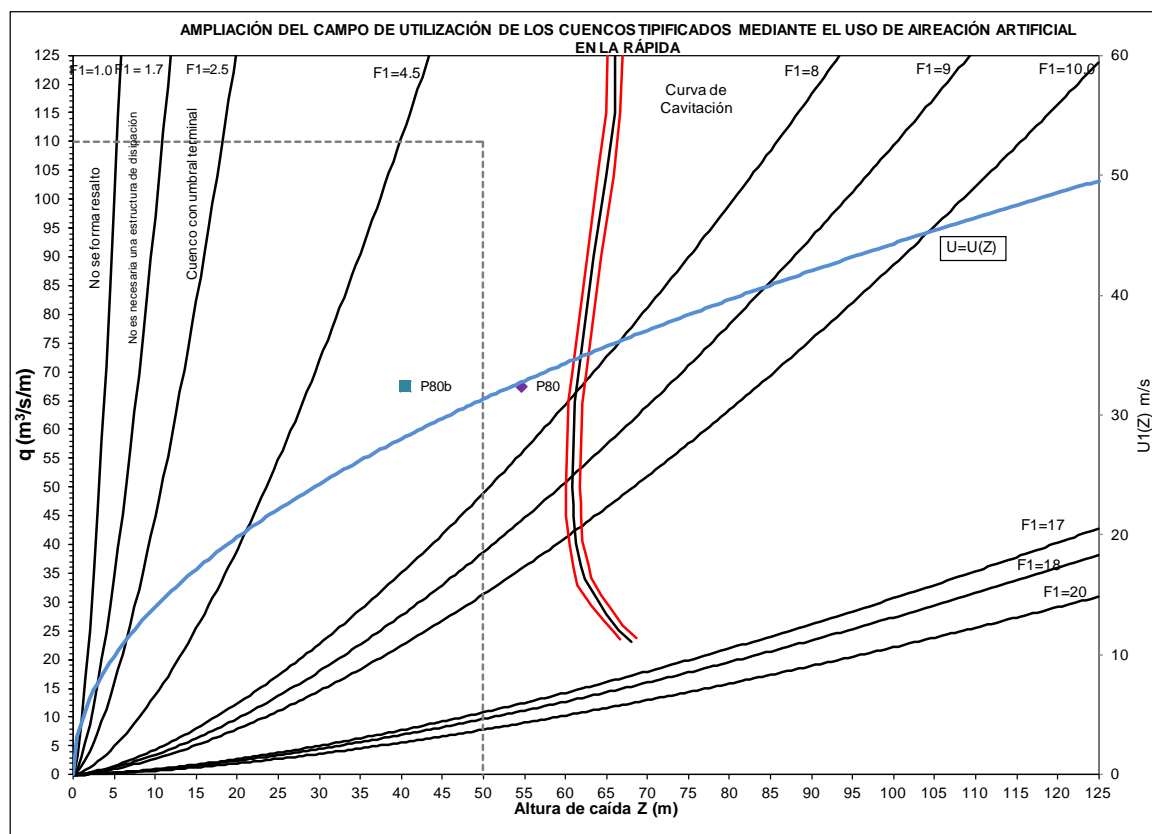


Figura 7.45. Ubicación de los puntos de funcionamiento P80 (sin aireador) y P80b (con aireador).
Aireador tipo escalón.

La Figura 7.46 muestra los resultados obtenidos del programa, cuyos datos corresponden a los arriba mencionados.

PERFIL No	DIST. ORIGEN (m)	COTA C (msnm)	CAPA LIMITE ù (m)	EQUIV. CALADO he (m)	AIREADO ha (m)	UELOC. U (m/sg)	MANNING	CONCE. MEDIA C (%)	AIRE FONDO Co (%)	CAUIT. FACTOR ò
0	-15.42	225.40			17.33	3.90				
1	0.00	233.22	0.03	6.78	6.78	9.97	0.0163	0.0	0.0	1.93
2	4.25	232.22	0.07	5.65	5.65	11.95	0.0161	0.0	0.0	1.34
3	8.51	229.60	0.11	4.59	4.59	14.72	0.0159	0.0	0.0	0.88
4	14.17	225.14	0.18	3.88	3.88	17.39	0.0158	0.0	0.0	0.81
5	22.27	215.28	0.27	3.01	3.01	22.42	0.0155	0.0	0.0	0.46
6	30.37	205.42	0.37	2.58	2.58	26.19	0.0154	0.0	0.0	0.33
7	38.52	195.50	0.46	2.30	2.30	29.36	0.0153	0.0	0.0	0.26
7.1	39.20	194.67		2.28	2.78	29.63	0.0153	18.0	18.0	0.26
7.2	41.98	193.32		2.52	2.99	26.83	0.0154	15.7	15.7	0.33
8	50.99	188.94		2.40	2.85	28.19	0.0153	15.8	13.0	0.30
9	70.99	188.94		16.08	20.96	4.20	0.0172	23.3	1.2	
10	101.99	188.94		16.73	19.47	4.04	0.0171	14.1	0.2	
11	132.99	188.94		17.22	18.55	3.92	0.0172	7.2	0.0	
12	163.99	188.94		17.35	17.92	3.89	0.0173	3.2	0.0	

Figura 7.46. Valores calculados de los parámetros necesarios para caracterizar el flujo, con aireador tipo escalón.
Programa ALIV-AIR.

Con la obtención de los resultados anteriores, se concluye que, al incluir un aireador, se ha conseguido trasladar el punto de funcionamiento inicial dentro de la región de funcionamiento de los *ábacos para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*, como se puede observar en la Figura 7.45. Esto se ve reflejado en la disminución del número de Froude, motivada por la disminución de la velocidad así como por el aumento del valor del calado.

A continuación, se presenta una relación comparativa entre los valores de los parámetros que caracterizan al flujo, obtenidos por los efectos que provoca la aireación artificial del flujo a la entrada del cuenco.

Tabla 7.17. Comparativa de los parámetros entre el flujo sin airear y aireado.

Parámetro del flujo	Sin aireador	Con aireador	Incremento (%)
Concentración de aire en el fondo. (%)	0.00	13.00	13.00
Numero de cavitación. (m)	0.24	0.30	25.00
Calado equivalente. (m)	2.18	2.40	10.10

Además, se añade a las conclusiones las alternativas de solución generadas de trasladar el punto de funcionamiento a la región de aplicación de los cuencos amortiguadores tipificados utilizando un aireador tipo rampa, como alternativa de solución al problema planteado de la presa Torrejón Tajo (P80).

De lo anterior se tiene que una alternativa de solución que se propone, en caso de un mal funcionamiento del cuenco existente debido a que se trata de una presa existente, es adaptar o modificar el cuenco amortiguador existente a un cuenco tipificado, en el cual esté ubicado el

punto de funcionamiento (*P80b*) dentro de su rango de funcionamiento. La opción que se considera es el tipo USCEd y en alguna ocasión avalada por el diseño de un modelo reducido se pudiera considerar un cuenco tipo VNIIG II, ya que el punto de funcionamiento de la *P80b* se ubica al límite de la región de aplicación de dicho cuenco. (Figura 7.47).

Se concluye que la propuesta de adaptación de cuenco tipo USCEd para la presa *P80* cuenta con una longitud de cuenco igual a $L_c = 47$ m, que en comparación con la longitud del cuenco obtenida del tipo VNIIG II es de $L_c = 55$ m, obteniendo una diferencia de longitudes de 8 m, representando un ahorro en la construcción del cuenco del 17%.

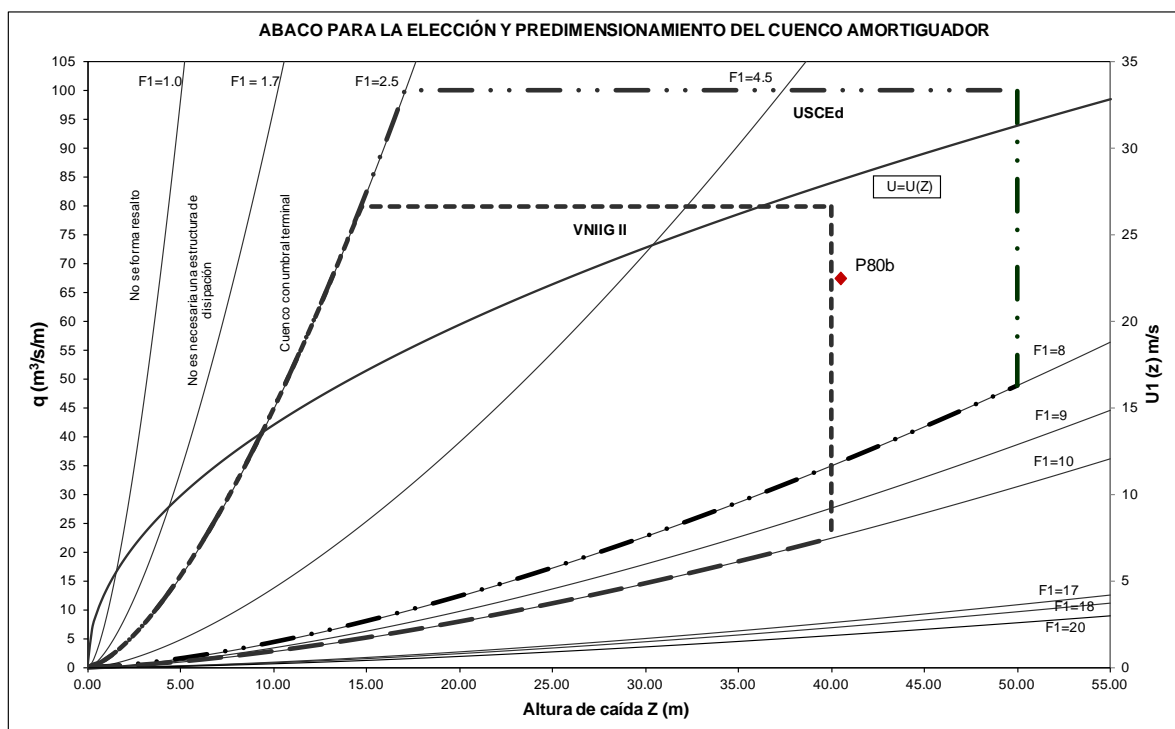


Figura 7.47. Ubicación de la *P80b* en el ábaco general para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado.

7.7. Ejemplo numérico de la aplicación de la aireación artificial en las presas de gravedad vertedero. Tercer Caso.

El desarrollo de este apartado, se centra en las presas españolas de gravedad vertedero de la muestra obtenida cuyo punto de funcionamiento se encuentra ubicado en la región hacia la derecha de la *curva de cavitación*. Las presas situadas en esta región presentan daños por cavitación en la rápida del aliviadero de las mismas (como se muestra en el Capítulo 6, apartado 6.5).

De lo expuesto anteriormente para el Primer Caso, se tiene que la presa seleccionada para llevar a cabo el ejemplo numérico es la siguiente:

Tabla 18. Presas de gravedad vertedero, ubicadas en la zona de cavitación.

Cuenca Hidrográfica	Titular	Presa	Tipo de Cuenco	Identificativo
EBRO	ESTADO	RIALB	No tipificado.	P19
MIÑO-SIL	IBERDROLA GENERACION S.A.	SAN ESTEBAN (SANTO ESTEVO)	No tipificado.	P107

7.7.1. Aireación de la Presa de Rialb (P19).

Los datos geométricos e hidráulicos de entrada son:

Cota NMN:	424.65 msnm
Cota del Cuenco:	365.47 msnm
Cota del umbral del vertedero:	424.65 msnm
Cota solera anterior al vertedero:	369.73 msnm
Ancho vertedero:	70.00 m
Rugosidad del aliviadero:	2 mm
Cota del cauce a la salida:	360.00 msnm
Caudal de diseño:	3089 m ³ /s
Longitud de la rápida:	47.57 m

La planta general de la presa puede verse en la Figura 7.48 El perfil del aliviadero se muestra en la Figura 7.49 cuyos datos de la rápida se presentan en la Tabla 7.19.

Tabla 7.19. Datos de la rápida.

Sección	Distancia (m)	Cota (msnm)	Ancho (m)
1	0	424.65	81.86
2	16.38	414.44	81.86
3	26.45	398.80	77.14
4	33.45	387.93	74.66
5	40.45	377.06	70.00
6	47.57	365.47	70.00

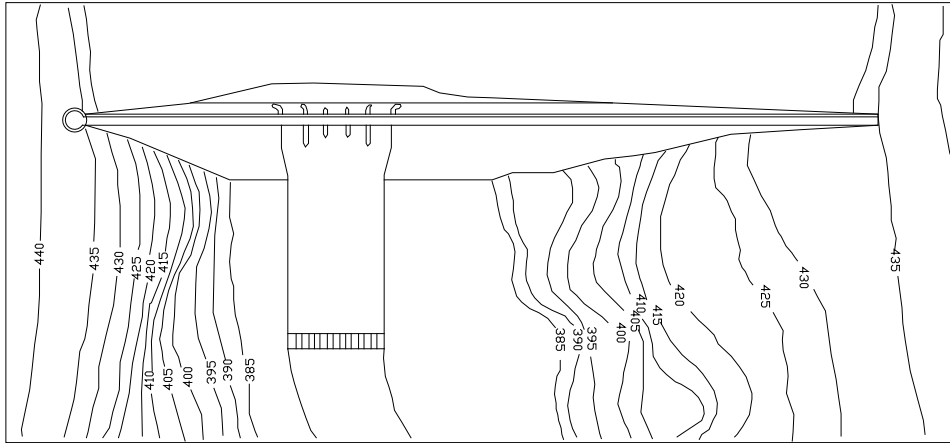


Figura 7.48. Planta de la estructura de la presa Rialb. Escala 1:6500.

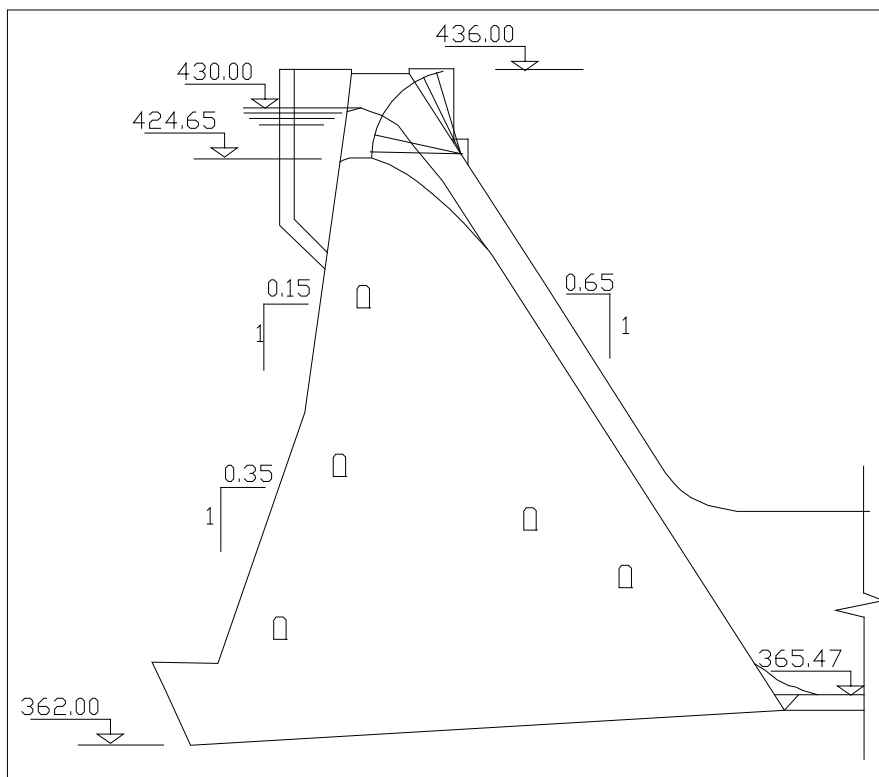


Figura 7.49. Sección transversal de la estructura de la presa Rialb. Escala 1:800.

A partir de los datos anteriores se lleva a cabo el cálculo hidráulico de la rápida, utilizando el programa de cálculo ALIV-AIR, las condiciones iniciales del flujo a la entrada del cuenco amortiguador, resultando los siguientes valores (Figuras 7.50 – 7.52):

PRESA RIALB		Directorio: J:\RIALB	

Cota umbral del vertedero : 424.65 msnm			
Cota solera anterior al vertedero : 369.73 msnm			
Ancho del vertedero : 81.9 m			
Pendiente inicial del aliviadero : 0.7292 (v/h)			
Rugosidad superficie del aliviadero : 2.0 mm			
Cota del cuenco amortiguador : 365.47 msnm			
Caudal de diseño : 3009.0 m3/sg			
Diseño del vertedero			

Coeficiente de desagüe: 2.11			
Espesor lámina de diseño : 6.85 m			
Distancia horizontal : 5.17 m			
Cota : 422.61 msnm			
Longitud desarrollo : 7.71 m			

Figura 7.50. Datos de entrada y diseño del vertedor. Programa ALIV-AIR.

Perfiles					

PERFIL	DIST. ORIGEN	DESARR. LC	COTA C	ANCHO B	PENDIENTE U/H
No	<m>	<m>	<msnm>	<m>	
0	-10.27	0.00	369.73	81.9	0.000
1	0.00	2.19	424.65	81.9	0.000
2	2.59	4.70	424.00	81.9	0.405
3	5.17	7.71	422.61	81.9	0.729
4	16.38	24.71	414.44	81.9	1.141
5	26.45	43.31	398.00	77.1	1.553
6	30.00	49.07	393.29	75.9	1.553
7	33.45	56.24	387.93	74.7	1.553
8	40.45	69.39	377.06	70.0	1.590
9	45.00	78.00	369.65	70.0	1.620
10	47.57	81.40	365.47	70.0	0.814
11	59.57	93.40	365.47	70.0	0.000

Figura 7.51. Perfil de la rápida del aliviadero de la presa. Programa ALIV-AIR.

PERFIL	DIST. ORIGEN	COTA C	CAPA LIMITE d	CALADO EQUIV. AIREADO	VELOC. U	MANNING	CONCE. MEDIA	AIRE FONDO	CAUIT. FACTOR
No	<m>	<msnm>	<m>	he(m) ha(m)	<m/sg>		C(x) Co(x)		o
0	-10.27	369.73		61.75	0.61				
1	0.00	424.65	0.82	4.64	8.13	0.0159	0.0	0.0	2.09
2	2.59	424.00	0.85	3.95	9.56	0.0150	0.0	0.0	2.09
3	5.17	422.61	0.87	3.25	11.62	0.0156	0.0	0.0	1.42
4	16.38	414.44	0.21	2.19	17.26	0.0152	0.0	0.0	0.74
5	26.45	398.00	0.35	1.65	24.22	0.0150	0.0	0.0	0.36
6	30.00	393.29	0.40	1.56	26.09	0.0149	0.0	0.0	0.31
7	33.45	387.93	0.44	1.49	27.73	0.0149	0.0	0.0	0.27
8	40.45	377.06	0.53	1.44	30.72	0.0149	0.0	0.0	0.22
-----PELIGRO DE CAUITACION: Co < B % Y o < 0.2-----									
9	45.00	369.65	0.59	1.36	32.47	0.0148	0.0	0.0	0.19
-----PELIGRO DE CAUITACION: Co < B % Y o < 0.2-----									
10	47.57	365.47	0.61	1.32	33.34	0.0148	0.0	0.0	0.19

11	65.57	365.47		14.94	10.42	2.95	0.0171	10.9	0.5
12	95.57	365.47		15.82	16.91	2.79	0.0171	6.5	0.0
13	125.57	365.47		15.93	16.09	2.77	0.0171	1.0	0.0
14	155.57	365.47		15.60	15.66	2.83	0.0171	0.3	0.0

Figura 7.52. Valores calculados de los parámetros necesarios para caracterizar el flujo, sin aireador.

Programa ALIV-AIR.

Con estos datos, se tiene que el punto de funcionamiento inicial de la presa es:

$$P19(Z, q) = (64.53, 44.13)$$

Cuyos valores del calado y velocidad iniciales a la entrada del cuenco son:

$$y_1 = 1.32 \text{ m} \quad \text{y} \quad V_1 = 33.34 \text{ m/s}$$

Resultando un número de Froude, igual a:

$$F_1 = 9.26$$

Al situar el punto de funcionamiento anterior en la *curva de cavitación* (Figura 7.53), se observa que cae en la zona hacia la derecha de la curva de cavitación. Por lo que, para lograr trasladar éste punto a la zona de funcionamiento de los cuencos tipificados se colocará un aireador en la rápida, en la zona inmediatamente aguas arriba de aquella sección donde comienza a disminuir tanto la concentración de aire e inicia la cavitación.

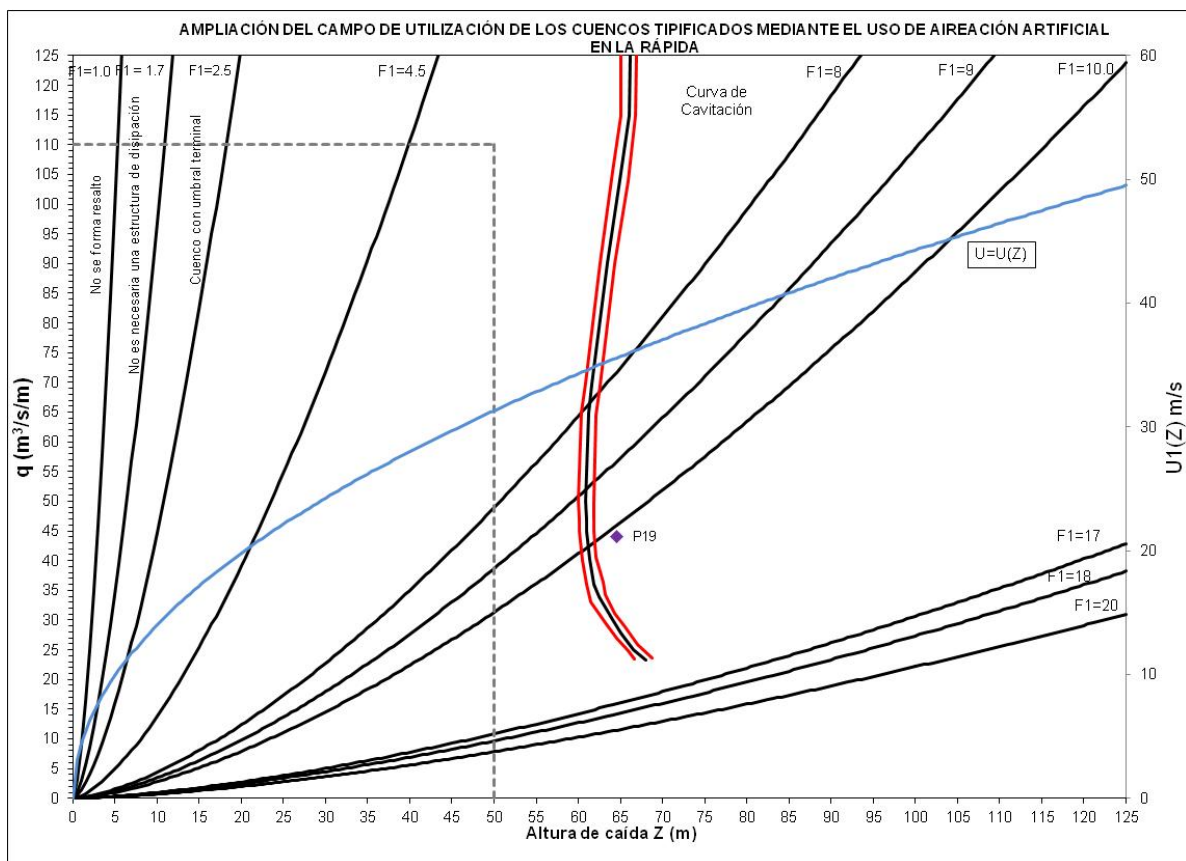


Figura 7.53. Presa P19 en relación a la Curva de cavitación.

a) **Uso de aireador tipo rampa.**

La tabla 7.20 y la figura 7.54, muestran el diseño del aireador tipo rampa propuesto.

Tabla 7.20. Datos para el diseño del aireador tipo rampa.

Sección	Altura del Escalón (m)	Ángulo (Grados)	Coefficiente de Depresión (mca/(m ³ /s) ²)
2	0.25	9.5	6.65E-05
5	0.25	5	6.65E-05

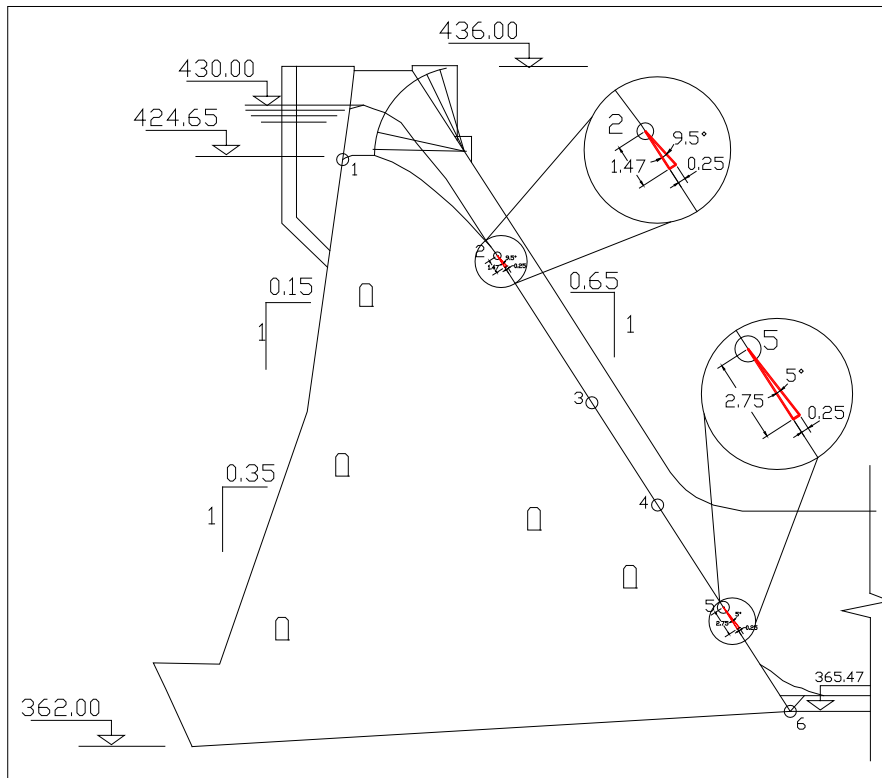


Figura 7.54. Perfil de localización y dimensionamiento del aireador tipo rampa en la presa Rialb. Escala 1:800.

Con todos los datos anteriores introducidos en el programa de cálculo y considerando la aireación, se obtienen los siguientes resultados a la entrada del cuenco amortiguador:

$$y_{1eq} = 1.47 \text{ m} \quad \text{y} \quad V_{1eq} = 30.08 \text{ m/s}$$

Cuyo número de Froude correspondiente es:

$$F_1 = 7.92$$

a.1. Calculando las nuevas coordenadas del punto de funcionamiento de la Presa con un aireador.

Para los siguientes datos:

$$\begin{aligned} Q &= 3089 \text{ m}^3/\text{s} && \text{Caudal de diseño.} \\ b &= 70.00 \text{ m} && \text{Ancho del cuenco.} \end{aligned}$$

Teniendo en consideración la condición de caudal siguiente:

$$q = q_{1eqx}$$

donde:

q_{1eq} = caudal equivalente del flujo utilizando un aireador.

Por lo que:

$$q = q_{1eq} = 44.13 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Utilizando la ecuación para obtener la altura de caída, se tiene que el valor de Z es el siguiente:

$$\mathbf{Z = 46.05 \text{ m}}$$

De lo anterior se tiene que el nuevo punto de funcionamiento de la presa $P19a$ (Figura 7.55), es:

$$\mathbf{P19a(Z, q) = (46.05, 44.13)}$$

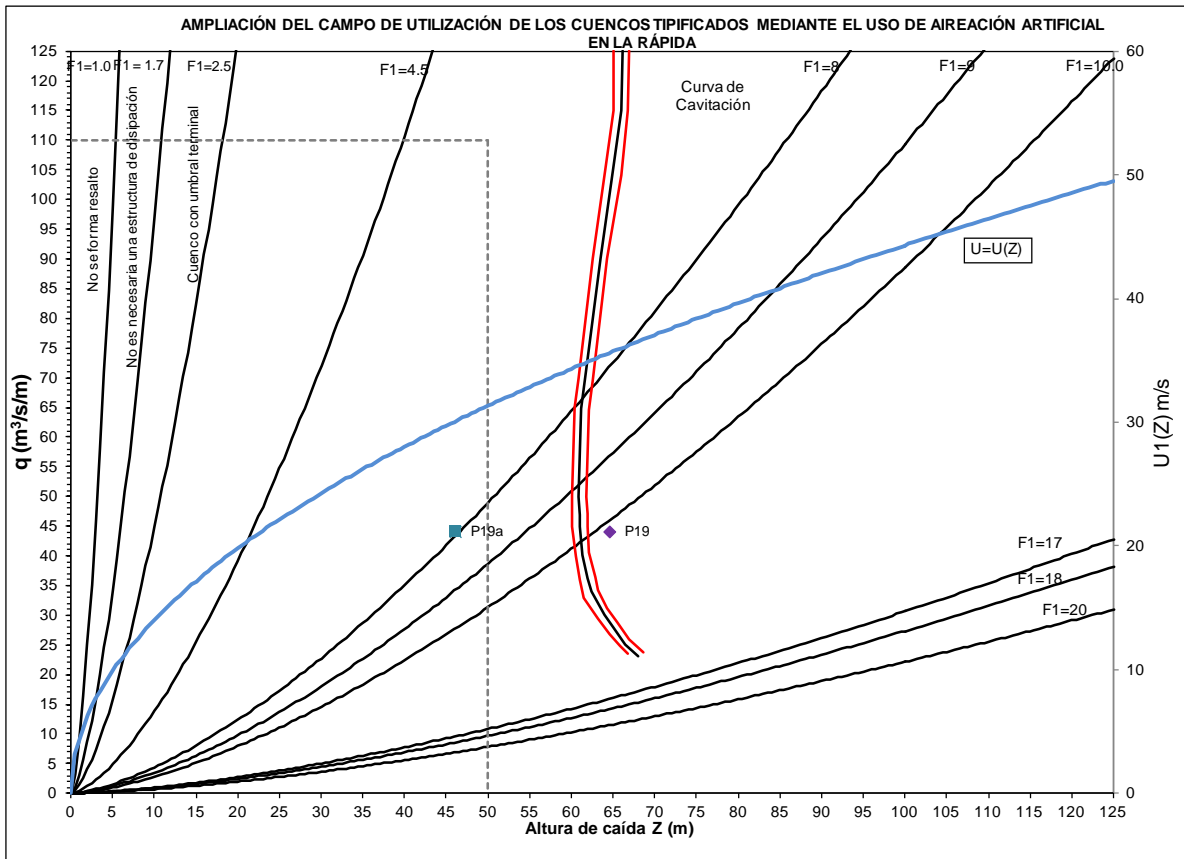


Figura 7.55. Ubicación de los puntos de funcionamiento P19 (sin aireador) y P19a (con aireador). Aireador tipo rampa.

La Figura 7.56 muestra los resultados obtenidos del programa, cuyos datos corresponden a los arriba mencionados.

PERFIL No	DIST. ORIGEN (m)	COTA C (msnm)	CAPA LIMITE δ (m)	CALADO EQUIV. AIREADO he (m)	VELOC. U (m/sg)	MANNING	CONCE. AIRE MEDIA FONDO C (%)	Co (%)	CAUIT. FACTOR $\bar{\sigma}$
0	-10.27	369.73		61.75	0.61				
1	0.00	424.65	0.02	4.64	8.13	0.0159	0.0	0.0	2.89
2	2.59	424.08	0.05	3.95	9.56	0.0158	0.0	0.0	2.09
3	5.17	422.61	0.07	3.25	11.62	0.0156	0.0	0.0	1.42
4	16.38	414.44	0.18	2.22	17.00	0.0152	0.0	0.0	0.80
4.1	24.54	401.71		1.66	23.87	0.0150	23.3	23.3	0.37
4.2	26.71	398.40		1.93	20.77	0.0151	20.9	20.9	0.49
6	33.45	387.93		1.65	25.15	0.0149	20.5	17.9	0.33
7	40.45	377.06		1.54	28.71	0.0148	19.6	13.1	0.25
7.1	41.70	374.81		1.42	31.07	0.0148	35.1	35.1	0.21
7.2	43.89	371.33		1.56	28.27	0.0149	33.7	33.7	0.26
8	47.57	365.47		1.47	30.08	0.0140	33.7	33.4	0.24
9	67.57	365.47		12.00	20.07	0.0159	40.2	11.5	
10	94.57	365.47		13.38	18.37	0.0159	27.2	2.2	
11	121.57	365.47		14.46	16.84	0.0169	14.1	0.2	
12	148.57	365.47		15.01	15.77	0.0171	4.8	0.0	

Salida por impresora SI:1 NO:0? _

Figura 7.56. Valores calculados de los parámetros necesarios para caracterizar el flujo, con aireador tipo rampa. Programa ALIV-AIR.

Con la obtención de los resultados anteriores, se concluye que, al incluir dos aireadores tipo rampa, se ha conseguido trasladar el punto de funcionamiento inicial, el cual estaba situado en la zona de cavitación, dentro de la región de funcionamiento de los *ábacos para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*, como se puede observar en la Figura 7.54. Esto se ve reflejado en la disminución del número de Froude, motivada por la disminución de la velocidad así como por el aumento del valor del calado.

A continuación, se presenta una relación comparativa entre los valores de los parámetros que caracterizan al flujo, obtenidos por los efectos que provoca la aireación artificial del flujo a la entrada del cuenco.

Tabla 7.21. Comparativa de los parámetros entre el flujo sin airear y el aireado.

Parámetro del flujo	Sin aireador	Con aireador	Incremento (%)
Concentración de aire en el fondo. (%)	0.00	33.40	33.40
Numero de cavitación. (m)	0.19	0.24	26.30
Calado equivalente. (m)	1.32	1.47	11.40

Además se tiene que, con la colocación de un aireador se elimina el problema de cavitación que presentaba la rápida del aliviadero de la presa en estudio.

La presa no cuenta con un cuenco amortiguador tipificado, cuya longitud del cuenco disipador de energía existente en la presa Rialb (P19) es $L_c = 126$ m, por lo que habrá que comprobar si con el que tiene es suficiente para lograr disipar la energía satisfactoriamente o habría que llevar a cabo una modificación para adaptarlo a la estructura de un cuenco amortiguador tipificado, esto con el apoyo del ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado que le corresponda.

Una alternativa de solución que se propone, en caso de un mal funcionamiento del cuenco existente debido a que se trata de una presa existente, es adaptar el cuenco amortiguador existente por otro, en el cual este ubicado el punto de funcionamiento *P19a* dentro del rango de funcionamiento de un cuenco amortiguador tipificado. Para este caso, y como se muestra en la Figura 7.57, el punto de funcionamiento *P19a* se localiza dentro del rango de funcionamiento del cuenco tipo USCEd cerca de su límite inferior con número de Froude $F_1 = 18$, pero en cualquiera de los casos, también se puede considerar la adaptación a un cuenco tipo USCEu, debido a que el punto de funcionamiento *P19a* se localiza cerca de su límite superior sobre el mismo número de Froude antes mencionado.

Para el caso de instalar un aireador para adaptar y/o modificar el cuenco existente a los propuestos, aplicando el criterio de la longitud mínima del cuenco (ver Capítulo 4), se concluye:

- i. Para el caso de la adaptación del cuenco existente, de longitud $L_c = 126$ m, de la presa Rialb a un cuenco tipo USCEd le corresponde una longitud de cuenco de $L_c = 46$ m, que en comparación con la longitud del cuenco existente se obtiene una diferencia de 80 m, representando un ahorro en la construcción del cuenco del 76%.
- ii. Para el caso de la adaptación del cuenco existente de la presa Rialb a un cuenco tipo USCEu con una longitud de cuenco de $L_c = 56$ m, que en comparación con la longitud del cuenco existente se obtiene una diferencia de 70 m, representando un ahorro en la construcción del cuenco del 61%.
- iii. De lo anterior, la relación que existe entre la adaptación de un cuenco tipo USCEd y USCEu, se tiene una diferencia en la longitud del cuenco de 10 m, concluyendo que con la construcción de un cuenco tipo USCEd se obtiene un ahorro del 18% en comparación con la construcción de un cuenco tipo USCEu.

De lo anterior se logran obtener dos puntos fundamentales principalmente en relación con la aplicación de la aireación artificial en la rápida del aliviadero, con la finalidad de eliminar los problemas de cavitación y lograr trasladar el punto de funcionamiento original de la presa a la zona de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados. Tales puntos son los siguientes:

- 1ro.** Si la aireación del flujo hubiese sido considerada desde la elaboración del proyecto original, se hubiera ahorrado el 76% de longitud en la construcción del cuenco y además la obra no estaría en la zona de la aparición de los problemas de cavitación.
- 2do.** El uso de estos aireadores permite resolver los problemas de cavitación y además, y en este caso, dada la enorme longitud del cuenco, que éste funcione bien y que contenga más que sobradamente el resalto hidráulico, lo que lleva a más elevados coeficientes de seguridad al respecto.

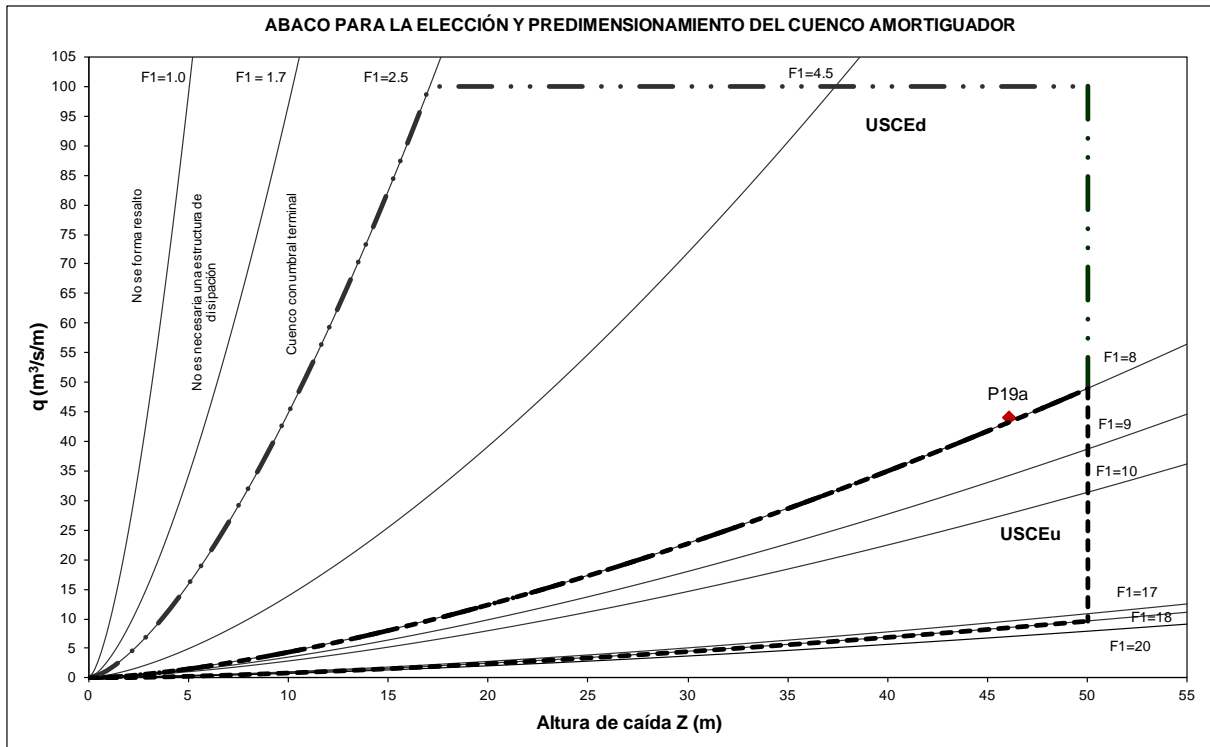


Figura 7.57. Ubicación de la P19a en el ábaco general para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado.

b) Uso de aireador tipo escalón.

La tabla 7.20 y la figura 7.58, muestran el diseño del aireador tipo escalón propuesto.

Tabla 7.22. Datos para el diseño del aierador tipo escalón.

Sección	Altura del Escalón (m)	Ángulo (Grados)	Coefficiente de Depresión (mca/(m³/s)²)
3	1.5	0	6.65E-05
5	1.2	0	6.65E-05

Con todos los datos anteriores introducidos en el programa de cálculo y considerando la aireación, se obtienen los siguientes resultandos a la entrada del cuenco amortiguador:

$$y_{1eq} = 1.52 \text{ m} \quad \text{y} \quad V_{1eq} = 28.99 \text{ m/s}$$

Cuyo número de correspondiente es:

$$F_1 = 7.51$$

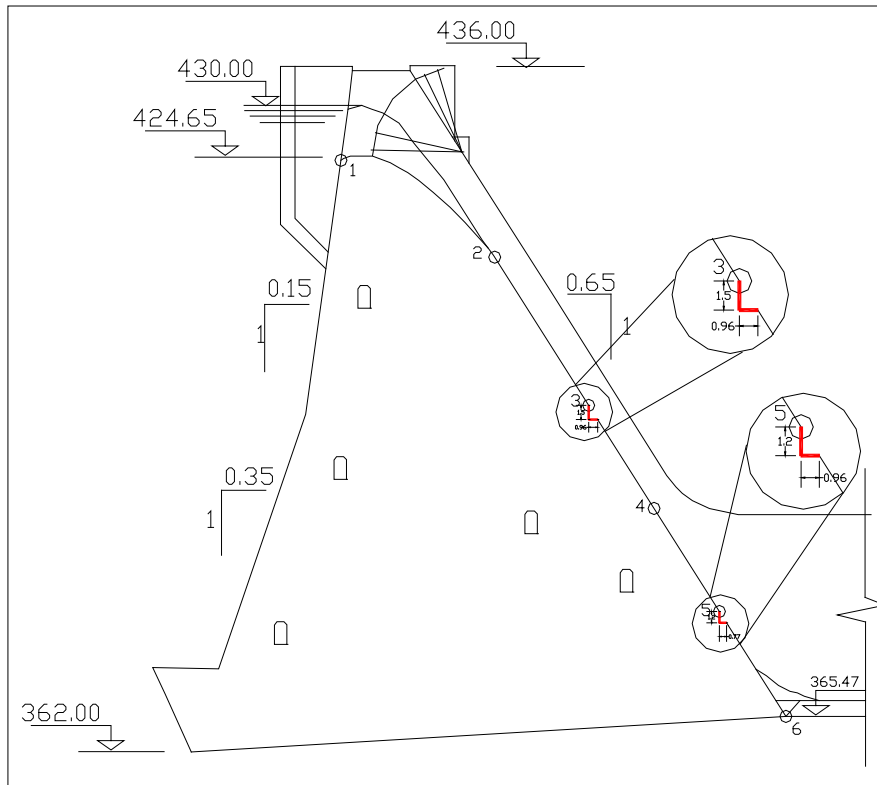


Figura 7.58. Perfil de localización y dimensionamiento del aireador tipo escalón en la presa Rialb. Escala 1:800.

b.1. Calculando las nuevas coordenadas del punto de funcionamiento de la Presa con un aireador.

Para los siguientes datos:

$$Q = 3089 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Caudal de diseño.}$$

$$b = 70.00 \text{ m} \quad \text{Ancho del cuenco.}$$

$$q = q_{1eq} = 44.13 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Utilizando la ecuación para obtener la altura de caída, se tiene que el valor de Z es el siguiente:

$$Z = 42.88 \text{ m}$$

De lo anterior se tiene que el nuevo punto de funcionamiento de la presa P19b (Figura 7.51), es:

$$P19b(Z, q) = (42.88, 44.13)$$

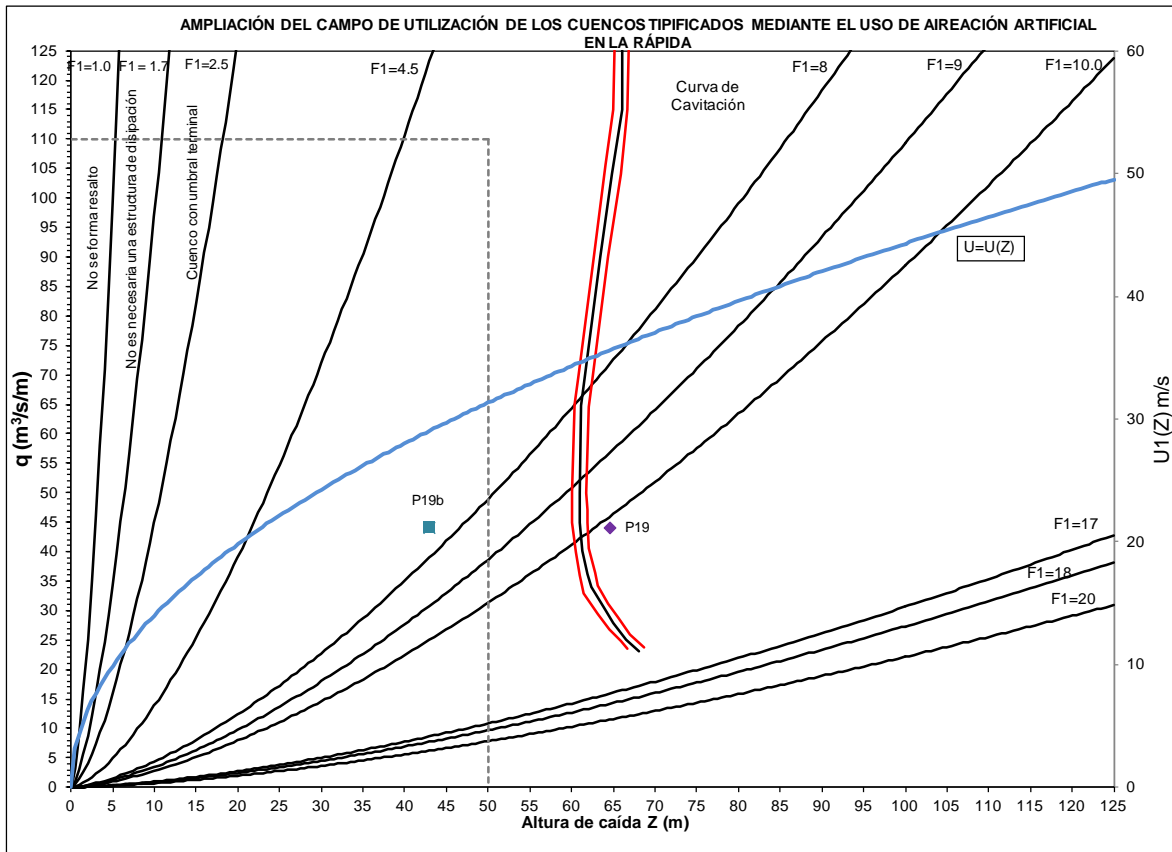


Figura 7.59. Ubicación de los puntos de funcionamiento P19 (sin aireador) y P19b (con aireador). Aireador tipo escalón.

La Figura 7.60 muestra los resultados obtenidos del programa, cuyos datos corresponden a los arriba mencionados.

PERFIL No	DIST. ORIGEN (m)	COTA C (cotas)	CAPA LIMITE a (m)	CAIADO EQUIV. AIREADO h _e (m) h _a (m)	VELOC. (m/s)	MANNING	CONCE. MEDIA C(x)	AIRE FONDO C _o C _z	COEF. FACTOR S
0	-6.91	877.18		9.34	2.19				
1	0.88	882.88	0.82	3.87	3.87	0.0156	0.0	0.0	4.38
2	2.86	881.13	0.84	2.38	2.38	0.0153	0.0	0.0	2.41
3	5.71	878.65	0.88	1.74	1.74	0.0158	0.0	0.0	1.38
4	8.57	874.83	0.12	1.39	1.39	0.0148	0.0	0.0	0.89
5	9.64	873.13	0.13	1.31	1.31	0.0148	0.0	0.0	0.85
6	19.28	861.92	0.23	0.98	0.98	0.0146	0.0	0.0	0.47
7	28.92	853.23	0.48	0.83	0.91	0.0144	9.3	9.3	0.33
8	38.56	841.32		0.78	0.92	0.0141	23.8	23.8	0.24
9	43.81	834.16		0.65	0.97	0.0135	32.9	32.9	0.28
9.1	34.48	846.67	0.75	0.75	0.88	0.0144	14.9	98.8	0.27
9.1	43.73	833.44		0.65	1.28	0.0143	49.6	49.6	0.28
9.2	45.82	832.74		0.74	1.44	0.0143	48.5	48.5	0.27
18	48.18	838.99		0.73	1.42	0.0115	48.5	47.9	0.26
11	63.18	838.99		7.81	15.17	2.92	0.0132	53.8	42.2
12	81.18	838.99		8.39	13.68	2.44	0.0137	38.7	9.7
13	99.18	838.99		9.78	12.88	2.11	0.0161	19.7	8.6
14	117.18	838.99		10.54	10.88	1.95	0.0168	3.2	8.8

Figura 7.60. Valores calculados de los parámetros necesarios para caracterizar el flujo, con aireador tipo escalón. Programa ALIV-AIR.

Con la obtención de los resultados anteriores, se concluye que, al incluir dos aireadores tipo rampa, se ha conseguido trasladar el punto de funcionamiento inicial, el cual estaba situado en la zona de cavitación, dentro de la región de funcionamiento de los *ábacos para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*, como se puede observar en la Figura 7.59. Esto se ve reflejado en la disminución del número de Froude, motivada por la disminución de la velocidad así como por el aumento del valor del calado.

A continuación, se presenta una relación comparativa entre los valores de los parámetros que caracterizan al flujo, obtenidos por los efectos que provoca la aireación artificial del flujo a la entrada del cuenco.

Tabla 7.23. Comparativa de los parámetros entre el flujo sin airear y aireado.

Parámetro del flujo	Sin aireador	Con aireador	Incremento (%)
Concentración de aire en el fondo. (%)	0.00	31.30	31.30
Numero de cavitación. (m)	0.19	0.26	36.80
Calado equivalente. (m)	1.32	1.52	15.20

Además se tiene que, con la colocación de dos aireadores tipo escalón se elimina el problema de cavitación que presentaba la rápida del aliviadero de la presa en estudio.

La presa no cuenta con un cuenco amortiguador tipificado, cuya longitud del cuenco disipador de energía existente en la presa Rialb (P19) es $L_c = 126$ m, por lo que habrá que comprobar si con el que tiene es suficiente para lograr disipar la energía satisfactoriamente o habría que llevar a cabo una modificación para adaptarlo a la estructura de un cuenco amortiguador tipificado, esto con el apoyo del ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado que le corresponda.

Una alternativa de solución que se propone es adaptar el cuenco amortiguador existente por otro, en el cual este ubicado el punto de funcionamiento *P19b* dentro del rango de funcionamiento de un cuenco amortiguador tipificado. Para este caso, y como se muestra en la Figura 7.61, el punto de funcionamiento *P19b* se localiza dentro del rango de funcionamiento del cuenco tipo USCEd.

Para el caso de instalar un aireador para adaptar y/o modificar el cuenco existente a los propuestos, aplicando el criterio de la longitud mínima del cuenco (ver Capítulo 4), se concluye:

- i. Para el caso de la adaptación del cuenco existente, de longitud $L_c = 126$ m, de la presa Rialb a un cuenco tipo USCEd le corresponde una longitud de cuenco de $L_c = 44$ m,

que en comparación con la longitud del cuenco existente se obtiene una diferencia de 82 m, representando un ahorro en la construcción del cuenco del 80%.

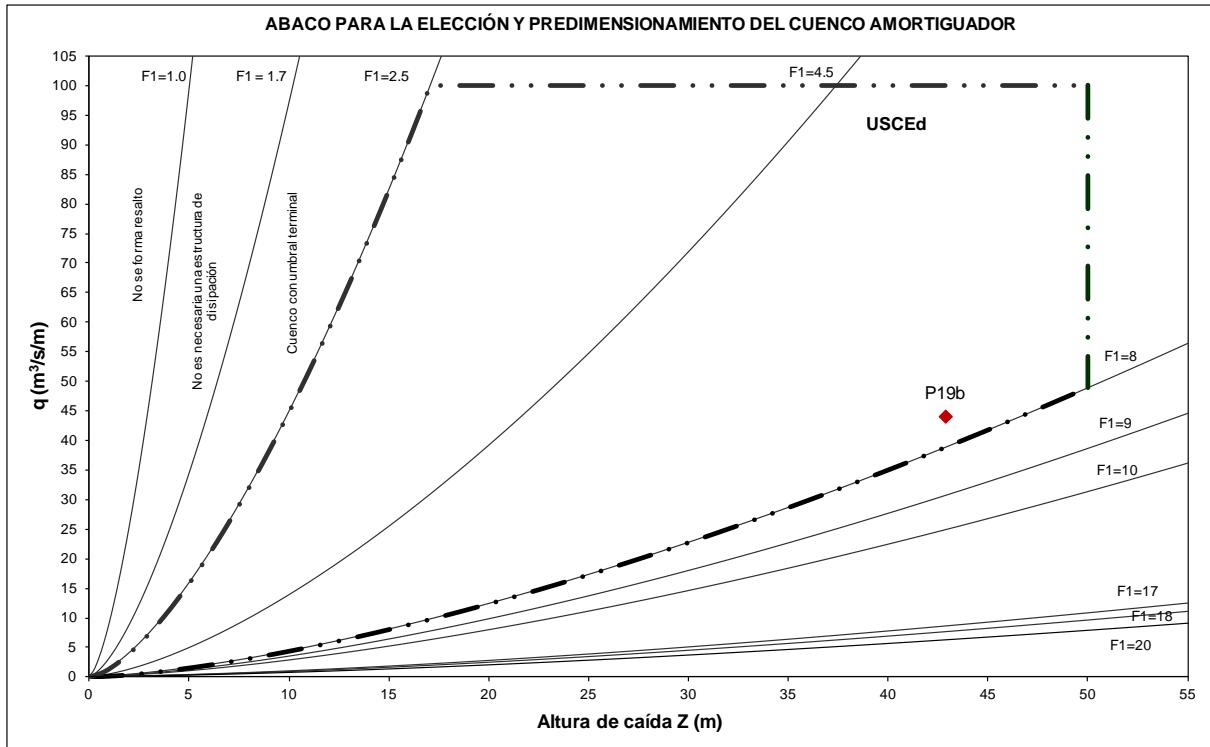


Figura 7.61. Ubicación de la P19b en el ábaco general para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado.

De lo anterior, y de igual manera que sucede con la utilización de aireadores tipo rampa, se tiene que con la utilización de los aireadores tipo escalón, se logra resolver los problemas de cavitación que se puedan generar en la rápida del aliviadero, así como se hubiese ahorrado el 80% de longitud en la construcción del cuenco amortiguador si se hubieran considerado la instalación de aireadores al inicio del proyecto.

7.7.2. Aireación de la presa San Esteban (P107).

Los datos geométricos e hidráulicos de entrada son:

Cota NMN:	221.00 msnm
Cota del Cuenco:	120.87 msnm
Cota del umbral del vertedero:	221.00 msnm
Cota solera anterior al vertedero:	218.53 msnm
Ancho vertedero:	52.46 m
Rugosidad del aliviadero:	2 mm
Cota del cauce a la salida:	124.00 msnm
Caudal de diseño:	4385 m ³ /s

Longitud de la rápida: 71.07 m

La planta general de la presa puede verse en la Figura 7.62. El perfil del aliviadero se muestra en la Figura 7.63, cuyos datos de la rápida se presentan en la Tabla 7.24.

Tabla 7.24. Datos de la rápida.

Sección	Distancia (m)	Cota (msnm)	Ancho (m)
1	0	221.00	114.66
2	16.50	204.24	110.18
3	26.50	186.59	102.68
4	36.50	168.94	95.42
5	46.50	151.29	88.17
6	57.63	131.64	80.92
7	64.28	124.81	67.77
8	71.07	120.87	52.46

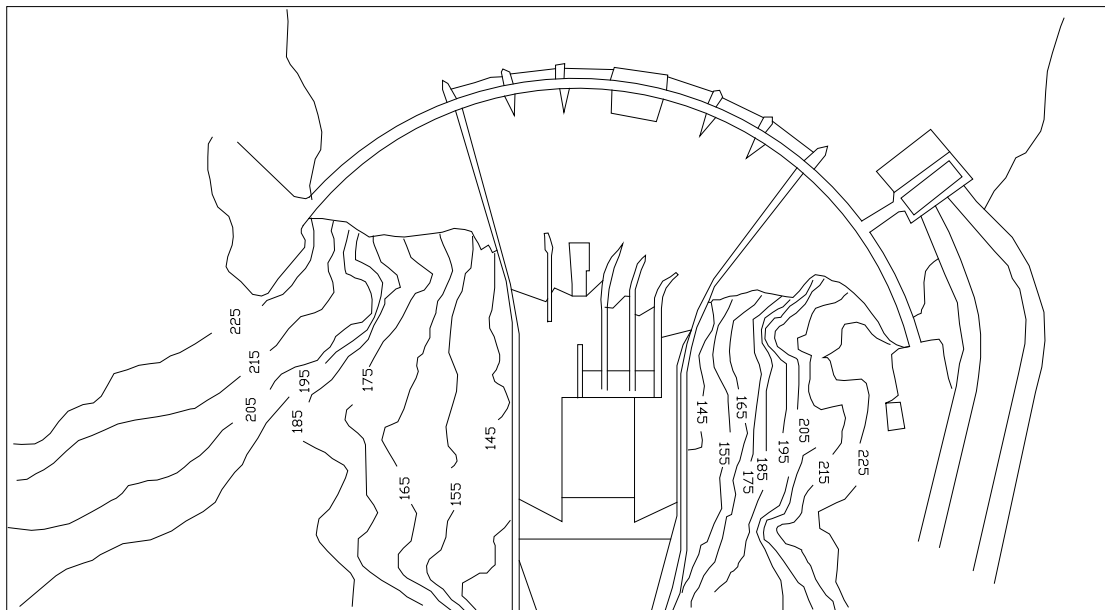


Figura 7.62. Planta de la estructura de la presa San Esteban. Escala 1:2600.

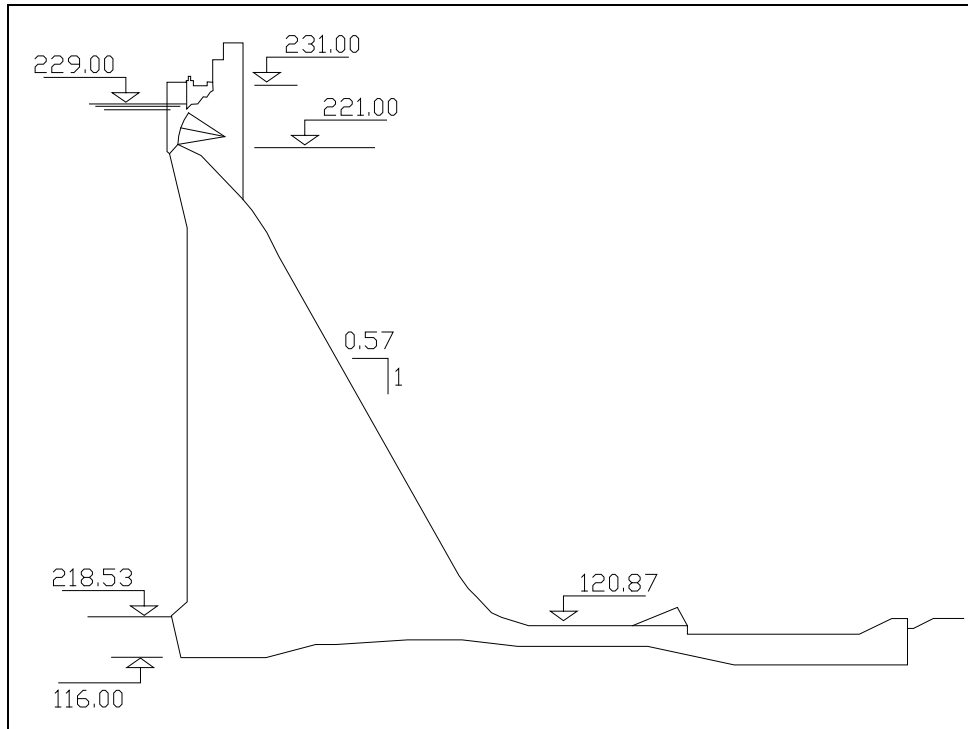


Figura 7.63. Sección transversal de la estructura de la presa San Esteban. Escala 1:1750.

A partir de los datos anteriores se lleva a cabo el cálculo hidráulico de la rápida, utilizando el programa de cálculo ALIV-AIR, las condiciones iniciales del flujo a la entrada del cuenco amortiguador, resultando los siguientes valores (Figuras 7.64 – 7.66):

PRESA SAN ESTEBAN	Directorio: J:\SESTEBAN

Cota umbral del vertedero :	221.00 msnm
Cota solera anterior al vertedero :	210.53 msnm
Ancho del vertedero :	134.7 m
Pendiente inicial del aliviadero :	1.4752 (v/h)
Rugosidad superficie del aliviadero :	2.0 mm
Cota del cuenco amortiguador :	120.87 msnm
Caudal de diseño :	4385.8 m³/sg
Diseño del vertedero	

Coefficiente de desagüe:	1.98
Espesor lámina de diseño :	6.46 m
Distancia horizontal :	11.18 m
Cota :	212.00 msnm
Longitud desarrollo :	16.83 m

Figura 7.64. Datos de entrada y diseño del vertedor. Programa ALIV-AIR.

Perfiles					
PERFIL	DIST. ORIGEN	DESARR. LC	COTA C	ANCHO B	PENDIENTE U/H
No	(m)	(m)	(msnm)	(m)	
0	-9.69	0.00	210.53	134.7	0.000
1	0.00	2.07	221.00	134.7	0.000
2	3.73	5.07	219.03	129.1	0.500
3	7.46	10.79	216.79	123.6	1.045
4	11.18	16.03	212.00	110.1	1.475
5	16.50	26.95	204.24	110.2	1.620
6	26.50	47.24	186.59	102.7	1.765
7	30.00	54.34	180.41	100.1	1.765
8	36.50	67.52	160.94	95.4	1.765
9	46.50	86.52	151.29	80.2	1.615
10	57.63	105.31	131.64	80.9	1.360
11	64.20	114.04	124.01	67.0	1.027
12	71.07	121.60	120.07	52.5	0.121
13	83.07	133.68	120.07	52.5	0.000

Figura 7.65. Perfil de la rápida del aliviadero de la presa. Programa ALIV-AIR.

PERFIL	DIST. ORIGEN	COTA C	CAPA LIMITE	CALADO EQUIV.	VELOC. U	MANNING	CONCE. MEDIA	AIRE PONDO	CAVIT. FACTOR	
No	(m)	(msnm)	δ (m)	he (m) ha (m)	(m/sg)		C(%) Co(%)	Co(%)	σ	
3	7.46	216.79	0.10	2.65	2.65	13.37	0.0154	0.0	0.0	1.07
4	11.18	212.00	0.15	2.23	2.23	16.64	0.0153	0.0	0.0	0.69
5	16.50	204.24	0.23	1.94	1.94	20.52	0.0151	0.0	0.0	0.50
6	26.50	186.59	0.37	1.58	1.58	27.10	0.0149	0.0	0.0	0.28
7	30.00	180.41	0.42	1.51	1.51	28.93	0.0149	0.0	0.0	0.25
8	36.50	160.94	0.51	1.44	1.44	31.95	0.0149	0.0	0.0	0.20
9	46.50	151.29	0.56	1.41	1.41	33.42	0.0148	0.0	0.0	0.18
10	57.63	131.64	0.65	1.39	1.39	35.90	0.0148	0.0	0.0	0.16
11	64.20	124.01	0.70	1.30	1.30	37.13	0.0148	0.0	0.0	0.15
12	71.07	120.07	0.70	1.37	1.37	39.65	0.0148	0.0	0.0	0.13
13	83.07	120.07	0.84	1.57	1.57	41.21	0.0149	0.0	0.0	0.13
14	71.07	120.07	0.89	1.97	1.97	42.41	0.0151	0.0	0.0	0.13
15	99.07	120.07		23.05	20.05	3.63	0.0173	20.1	0.7	
16	146.07	120.07		23.02	26.33	3.51	0.0173	9.5	0.0	
17	193.07	120.07		23.91	24.71	3.50	0.0173	3.2	0.0	
18	240.07	120.07		23.30	23.62	3.50	0.0173	1.0	0.0	

Salida por impresora SI:1 NO:07

Figura 7.66. Valores calculados de los parámetros necesarios para caracterizar el flujo, sin aireador. Programa ALIV-AIR.

Con estos datos, se tiene que el punto de funcionamiento inicial de la presa es:

$$P107(Z, q) = (108.13, 83.59)$$

Cuyos valores del calado y velocidad iniciales a la entrada del cuenco son:

$$y_1 = 1.97 \text{ m} \quad \text{y} \quad V_1 = 42.41 \text{ m/s}$$

Resultando un número de Froude, igual a:

$$F_1 = 9.64$$

Al situar el punto de funcionamiento anterior en la *curva de cavitación* (Figura 7.67), se observa que cae en la zona hacia la derecha de la curva de cavitación. Por lo que, para lograr trasladar éste punto a la zona de funcionamiento de los cuencos tipificados se colocará un aireador en la rápida, en la zona inmediatamente aguas arriba de aquella sección donde comienza a disminuir la concentración de aire e inicia la cavitación.

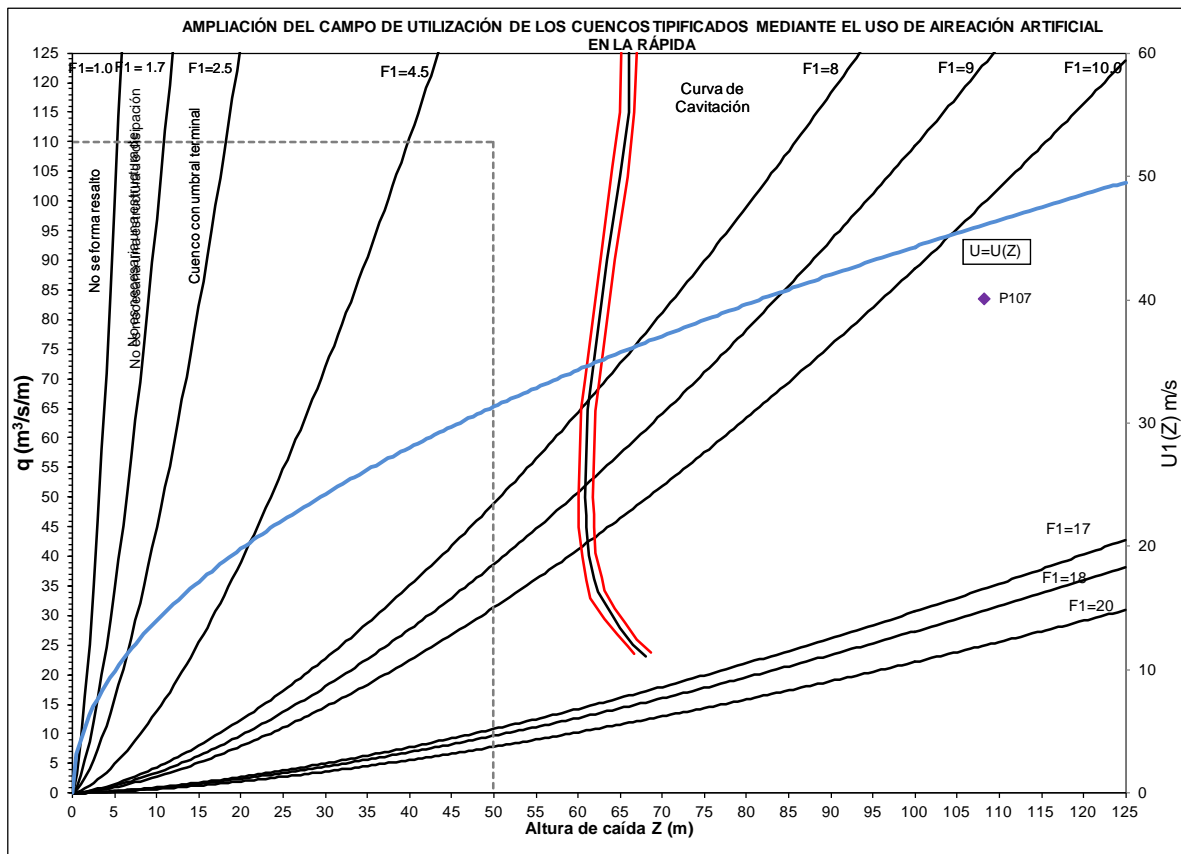


Figura 7.67. Presa P107 en relación a la Curva de cavitación.

a) Uso de un aireador tipo escalón y uno compuesto (rampa – escalón).

Para el desarrollo de este apartado, se analizaron varios arreglos posibles de diseños de aireadores tipo rampa y tipo escalón, variando las dimensiones así como también el número de aireadores a instalar.

La tabla 7.25 muestra la relación de alguno de los arreglos analizados.

Tabla 7.25. Relación de valores obtenidos con diferentes arreglos en el diseño del aierador tipo rampa y tipo escalón.

ID	Sección	Altura Escalón (m)	Ángulo (Grados)	Coef. de Depresión (mca/(m ³ /s) ²)	y _{1eq} (m)	V _{1eq} (m/s)	F ₁	Z (m)
P107a ₁	4	1.50	0	0.00E+00	2.25	37.15	7.91	70.34
	5	0.80	0	0.00E+00				
	7	1.20	0	0.00E+00				
P107a ₂	4	1.50	0	0.00E+00	2.27	36.82	7.80	69.11
	5	0.80	0	0.00E+00				
	7	1.30	0	0.00E+00				
P107a ₃	4	1.50	0	0.00E+00	2.38	35.12	7.27	62.87
	5	0.80	0	0.00E+00				
	7	2.00	0	0.00E+00				
P107a ₄	4	0.25	7.5	0.00E+00	2.30	36.41	7.67	67.48
P107a ₅	2	2.50	14	0.00E+00	2.41	34.54	7.09	60.81

De lo anterior en la Figura 7.68 se tiene los puntos de funcionamiento de la presa *P107a* en relación a los anteriores valores.

De lo anterior se concluye que no se pudo obtener un arreglo favorable en el diseño de los aireadores tipo rampa y tipo escalón para poder trasladar el punto de funcionamiento inicial situado en la zona de cavitación y ponerlo dentro de la región de funcionamiento de los *ábacos para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*.

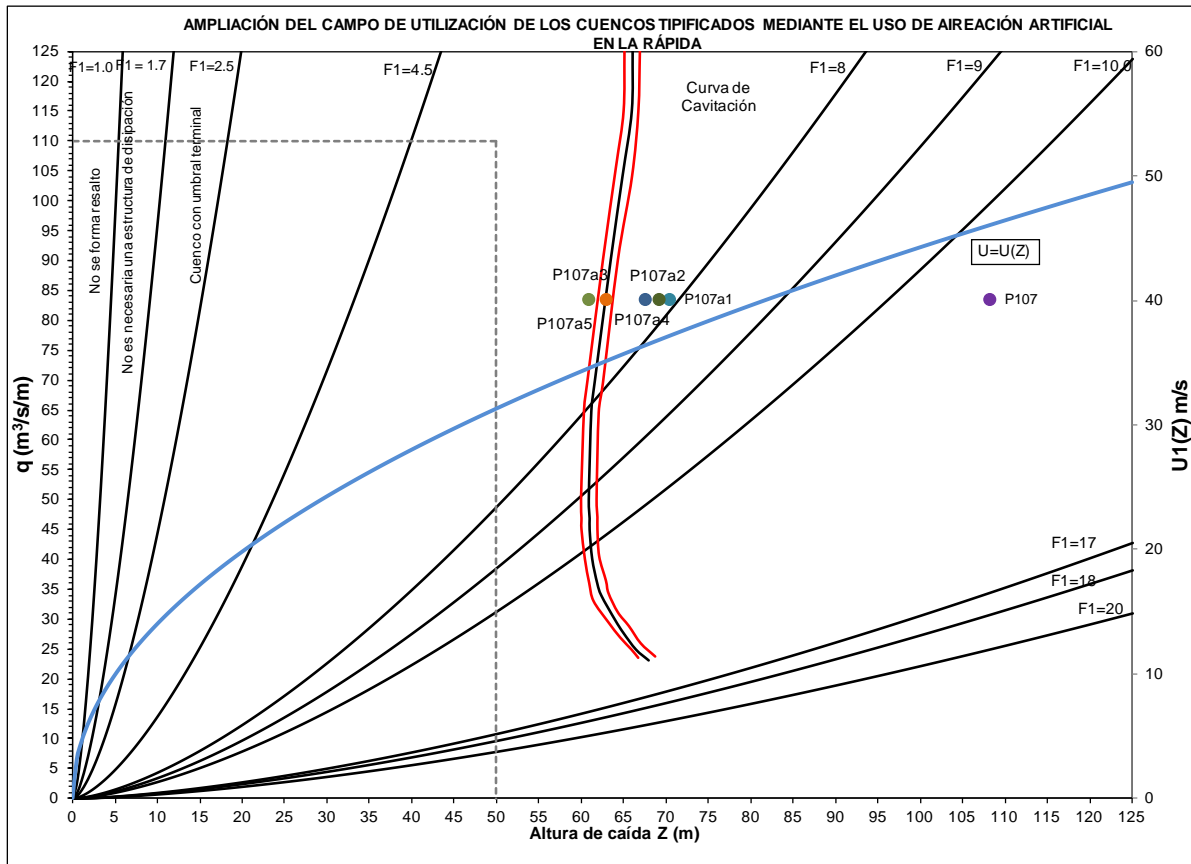


Figura 7.68. Ubicación de los puntos de funcionamiento P107 (sin aireador) y P107b₁, P107b₂ y P107b₃, P107b₄ y P107b₅ (con aireador). Aireador tipo rampa y tipo escalón.

Para resolver la problemática planteada en la Presa de San Esteban, se propone el diseño de dos aireadores, uno básico y otro combinado (compuesto de un escalón más una rampa), cuyas dimensiones y posición se presentan en la tabla 7.26 y la figura 7.69.

Tabla 7.26. Datos para el diseño del aireador tipo rampa.

Sección	Altura del Escalón (m)	Ángulo (Grados)	Coefficiente de Depresión (mca/(m ³ /s) ²)
4	1.50	15	3.35E ⁻⁰⁵
6	1.30	0	3.35E ⁻⁰⁵

Se propone éste arreglo para aprovechar aún mejor en conjunto, las características que nos proporcionarían cada una funcionando por separado.

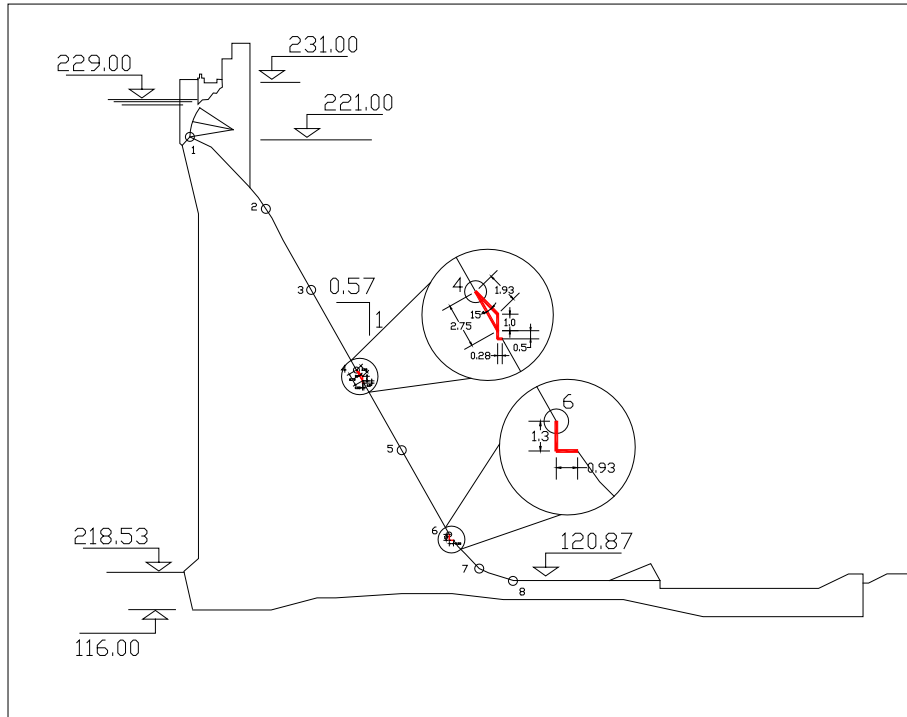


Figura 7.69. Perfil de localización y dimensionamiento del aireador tipo escalón y compuesto en la presa San Esteban. Escala 1:1750.

Con todos los datos anteriores introducidos en el programa de cálculo y considerando la aireación, se obtienen los siguientes resultados a la entrada del cuenco amortiguador:

$$y_{1eq} = 2.76 \text{ m} \quad \text{y} \quad V_{1eq} = 30.33 \text{ m/s}$$

Cuyo número de Froude correspondiente es:

$$F_1 = 5.83$$

a.1. Calculando las nuevas coordenadas del punto de funcionamiento de la Presa con un aireador.

Para los siguientes datos:

$$Q = 4385 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Caudal de diseño.}$$

$$b = 52.46 \text{ m} \quad \text{Ancho del cuenco.}$$

Teniendo en consideración la condición de caudal siguiente:

$$q = q_{1eqx}$$

donde:

q_{1eq} = caudal equivalente del flujo utilizando un aireador.

Por lo que:

$$q = 83.59 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

Utilizando la ecuación para obtener la altura de caída, se tiene que el valor de Z es el siguiente:

$$Z = 46.84 \text{ M}$$

De lo anterior se tiene que el nuevo punto de funcionamiento de la presa P107a (Figura 7.69), es:

$$P107a(Z, q) = (46.84, 83.59)$$

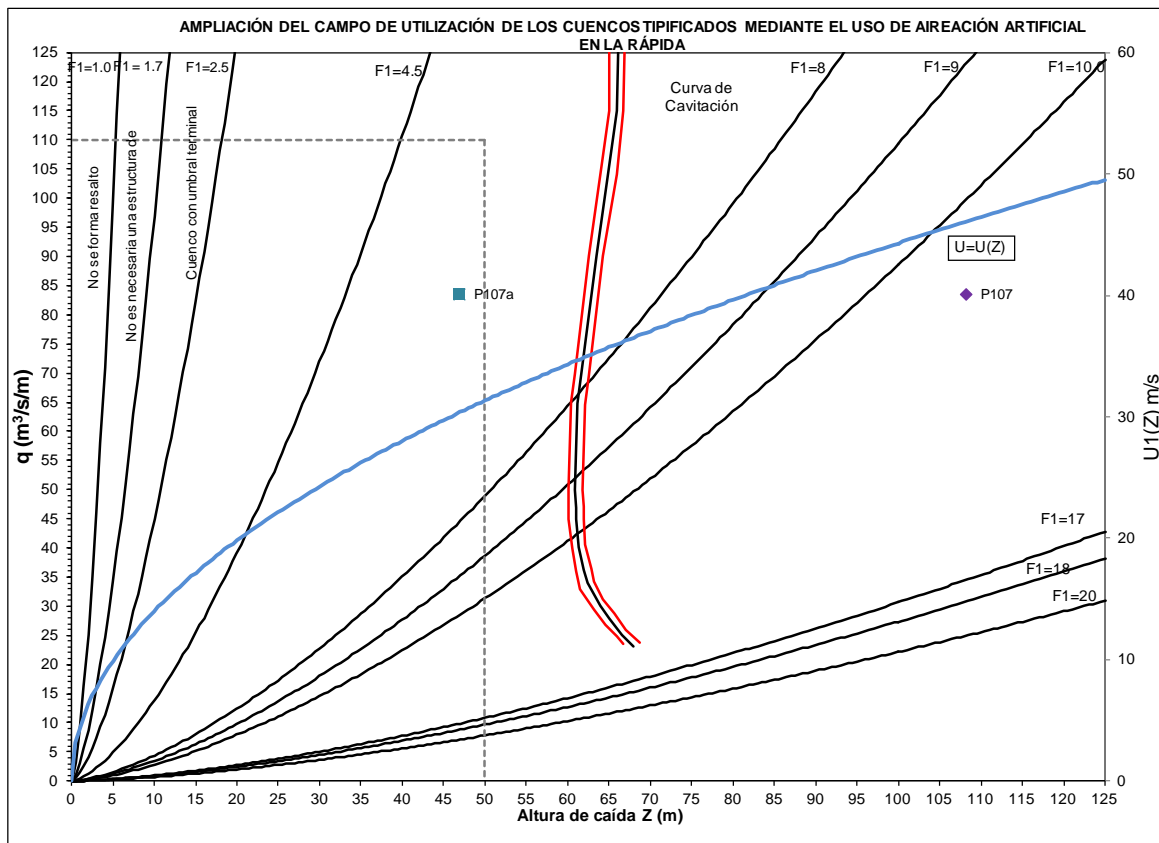


Figura 7.70. Ubicación de los puntos de funcionamiento P107 (sin aireador) y P107a (con un aireador). Aireador tipo escalón y compuesto.

La Figura 7.70 muestra los resultados obtenidos del programa, cuyos datos corresponden a los arriba mencionados.

PERFIL No	DIST. ORIGEN (m)	COTA C (msnm)	CAPA LIMITE \bar{u} (m)	CALADO EQUIV. AIREADO		VELOC. U (m/sg)	MANNING	CONCE. AIRE MEDIA FONDO		CAUIT. FACTOR $\bar{\sigma}$
				he(m)	ha(m)			C(z)	Co(z)	
1	0.00	221.00	0.02	4.12	4.12	7.90	0.0159	0.0	0.0	3.07
2	3.73	219.83	0.06	3.33	3.33	10.21	0.0156	0.0	0.0	1.84
3	7.46	216.79	0.10	2.65	2.65	13.37	0.0154	0.0	0.0	1.07
4	11.18	212.08	0.15	2.23	2.23	16.64	0.0153	0.0	0.0	0.69
5	16.50	204.24	0.23	1.94	1.94	20.52	0.0151	0.0	0.0	0.50
6	26.50	186.59	0.37	1.50	1.50	27.10	0.0149	0.0	0.0	0.20
7	30.00	180.41	0.42	1.51	1.51	20.93	0.0149	0.0	0.0	0.25
8	36.50	168.94	0.40	1.44	1.44	31.96	0.0149	0.0	0.0	0.21
9	46.50	155.95	0.60	1.30	1.50	36.06	0.0140	0.1	0.1	0.16
9.1	40.34	140.04		1.32	1.97	30.36	0.0140	33.2	33.2	0.14
9.2	50.31	144.56		1.47	2.15	34.01	0.0149	31.6	31.6	0.17
10	57.63	131.64		1.43	2.06	37.06	0.0142	30.4	20.0	0.14
10.1	50.47	129.64		1.41	2.02	39.70	0.0140	50.2	50.2	0.13
10.2	61.29	127.30		2.07	4.04	20.71	0.0152	40.7	40.7	0.27
11	64.20	124.01		2.20	4.10	29.46	0.0124	46.5	46.4	0.26
12	71.07	120.07		2.76	4.52	30.33	0.0133	39.1	37.2	0.26
13	90.07	120.07		15.00	27.60	5.26	0.0153	42.6	14.7	
14	133.07	120.07		17.21	26.06	4.86	0.0154	34.0	5.6	
15	160.07	120.07		18.36	24.43	4.55	0.0165	24.9	1.5	
16	203.07	120.07		19.23	22.96	4.35	0.0170	16.3	0.3	

Figura 7.71. Valores calculados de los parámetros necesarios para caracterizar el flujo, con aireador tipo rampa. Programa ALIV-AIR.

Con los resultados obtenidos anteriormente con el nuevo diseño de los aireadores, se concluye que, se ha conseguido trasladar el punto de funcionamiento inicial, el cual se encontraba situado en la zona de cavitación, dentro de la región de funcionamiento de los *ábacos para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*, como se puede observar en la Figura 7.70, eliminando el problema de cavitación que presentaba la rápida del aliviadero de la presa en estudio. Esto se ve reflejado en la disminución del número de Froude, motivada por la disminución de la velocidad así como por el aumento del valor del calado.

A continuación, se presenta una relación comparativa entre los valores de los parámetros que caracterizan al flujo, obtenidos por los efectos que provoca la aireación artificial del flujo a la entrada del cuenco.

Tabla 7.27. Comparativa de los parámetros entre el flujo sin airear y aireado.

Parámetro del flujo	Sin aireador	Con aireador	Incremento (%)
Concentración de aire en el fondo. (%)	0.00	39.10	39.10
Numero de cavitación. (m)	0.13	0.26	100.00
Calado equivalente. (m)	1.97	2.76	40.10

La presa no cuenta con un cuenco amortiguador tipificado, cuya longitud del cuenco disipador de energía existente en la presa San Esteban (P107) es $L_c = 77$ m, por lo que habrá que comprobar si con el que tiene es suficiente para lograr disipar la energía satisfactoriamente o

habría que llevar a cabo una modificación para adaptarlo a la estructura de un cuenco amortiguador tipificado, esto con el apoyo del ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado que le corresponda.

Además se tiene que, con la colocación de dos aireadores tipo escalón se elimina el problema de cavitación que presentaba la rápida del aliviadero de la presa en estudio.

Una alternativa de solución que se propone es adaptar el cuenco amortiguador existente por otro, en el cual este ubicado el punto de funcionamiento *P107a* dentro del rango de funcionamiento de un cuenco amortiguador tipificado. Para este caso, y como se muestra en la Figura 7.72, el punto de funcionamiento *P107a* se localiza dentro del rango de funcionamiento del cuenco tipo USCEd.

Por lo que, para el caso de instalar un aireador para adaptar y/o modificar el cuenco existente a los propuestos, aplicando el criterio de la longitud mínima del cuenco (ver Capítulo 4), se concluye:

- i. Para el caso de la adaptación del cuenco existente, de longitud $L_c = 77$ m, de la presa San Esteban a un cuenco tipo USCEd cuya longitud de cuenco correspondiente es de $L_c = 54$ m, que en comparación con la longitud del cuenco existente se obtiene una diferencia de 23 m, representando un ahorro en la construcción del cuenco del 30%.

De lo anterior, y de igual manera que sucede con la utilización de la aireación artificial en la Presa Rialb (*P19*), como conclusión se obtienen dos puntos fundamentales:

1ro. Se tiene que con la utilización de éste tipo de arreglo de aireador, para el caso de la Presa San Esteban, no solo se logra resolver los problemas de cavitación que se puedan generar en la rápida del aliviadero, además se logra trasladar el punto de funcionamiento original de la presa San Esteban (*P107*), dado el elevado valor de la altura de caída (*Z*) de la presa, a la zona de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados.

2do. Si la aireación del flujo hubiese sido considerada desde la elaboración del proyecto original, se hubiera ahorrado el 30% de longitud en la construcción del cuenco y además la obra no estaría en la zona de la aparición de los problemas de cavitación.

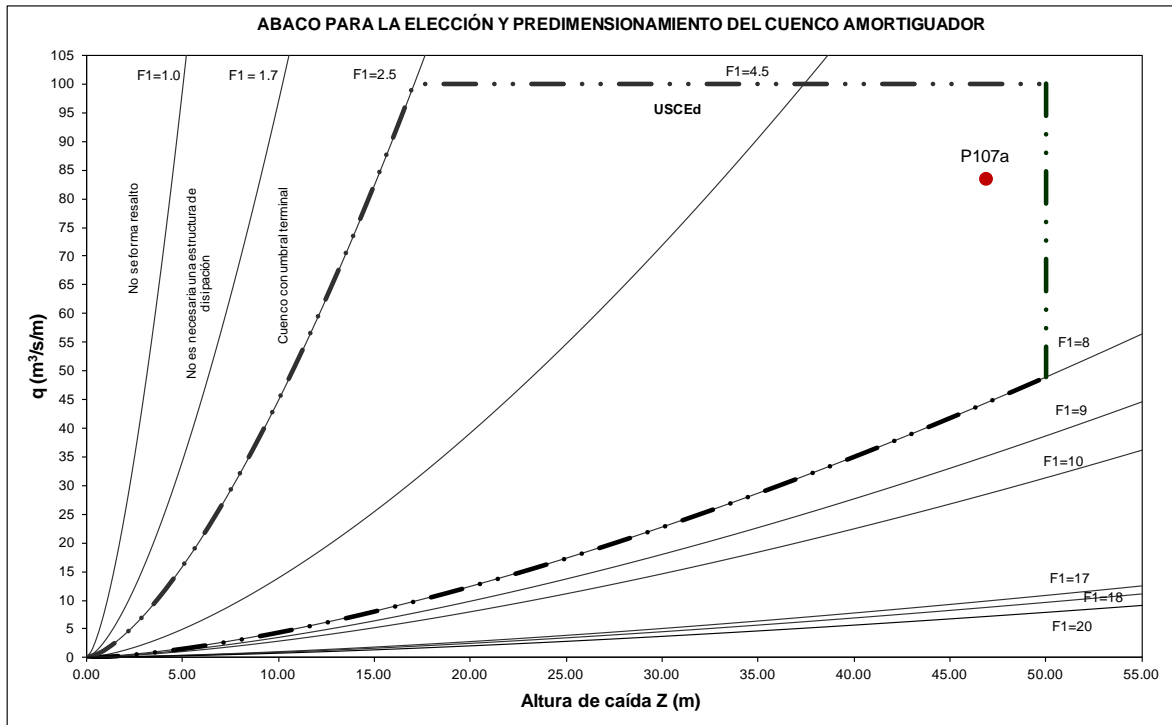


Figura 7.72. Ubicación de la P107a en el ábaco general para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado.

7.8. Conclusiones.

En relación a todo lo expuesto en el presente Capítulo, se presentan algunas conclusiones de índole práctico que conviene tener en cuenta en relación con la aireación en el diseño y adaptación de los aliviaderos.

- En relación a la necesidad de instalar aireadores, se tiene que, en rápidas con pendientes no demasiado pronunciadas ($\alpha \leq 20^\circ - 30^\circ$), cuando estén sometidas a riesgos de cavitación se podrá requerir la disposición de varios de éstos dispositivos.
- Para el caso de contar con tramos con pendientes más pronunciadas ($\alpha \geq 30^\circ$), cuando existan riesgos de cavitación y la aireación sea escasa (rápidas de longitud insuficiente para alcanzar de forma natural la aireación necesaria), la construcción de un aireador en el comienzo de la zona donde existan tales riesgos, en general, resolverá el problema sin requerir aireadores sucesivos.
- Las distancias usuales entre aireadores oscila aproximadamente de entre 30 y 100 m, resultando en la mayoría de los casos probable, disponer de un mayor número de aireadores, más próximos y de menor tamaño, que diseñarlos con dimensiones muy grandes y distancias mayores. De esta manera, las perturbaciones en el flujo son menores, se airea más uniformemente y la concentración de aire aguas debajo de los aireadores no son excesivas.

- La distancia entre aireadores puede determinarse en una primera aproximación calculando σ y C_o a lo largo de la rápida, a partir de las condiciones del flujo aguas abajo del primer aireador. Para dicho cálculo cabe emplear las ecuaciones diferenciales del movimiento correspondiente a la zona de aireación gradual ¹⁰.
- La ubicación de los aireadores está afectada por el perfil de la rápida del aliviadero. En este sentido los cambios de pendiente son puntos potenciales para colocar un aireador.
- Como ya se mencionó anteriormente, se dispone de una serie de tipologías y tamaños de los aireadores. En general los aireadores son resultado de la combinación de los dispositivos básicos con la finalidad de aprovechar las ventajas de cada una de ellas y lograr así un mejor funcionamiento conjunto, ya sea a caudales altos como a caudales bajos.
- En lo que respecta a las consideraciones constructivas, se tienen las siguientes: para obras nuevas cualquier disposición es fácilmente ejecutable, sin embargo, para una obra en funcionamiento que requiere ser aireada artificialmente, la solución más rápida y de fácil implementación son los aireadores de tipo rampa. En lo que respecta a las disposiciones combinadas su construcción presenta aún dificultades mayores, pero con resultados de flujos aireados mejores.
- En cualquier caso de diseño, se debe tener en cuenta la magnitud (velocidad y caudal específico) de cada aliviadero, así como la frecuencia de los vertidos y la magnitud de los daños ocasionados por la utilización de aireadores, en especial en obras ya ejecutadas.
- Se debe tener especial cuidado con las dimensiones de la estructura de la presa, ya que esto puede ocasionar un mal funcionamiento de los aireadores, en especial la longitud de la rápida con respecto al origen.
- En el diseño de los aireadores, además de estar en función de la concentración de aire y del número de cavitación, otro factor que influye directamente en su diseño son las características hidráulicas del flujo y las características geométricas de la rápida del aliviadero.

¹⁰ Ver apartado 2.47 de Gutiérrez Serret y Palma Villalón, “Aireación en las Estructuras Hidráulicas de las Presas: Aliviaderos y Desagües Profundos”, 1994.

- En lo que respecta a las diferencias que se tienen entre la utilización de un aireador tipo rampa y uno tipo escalón, se observó que el aireador tipo escalón presenta mejores resultados en la aireación del flujo, más sin embargo al analizar la combinación de estos el resultado arrojado es aún mejor.
- Una de las desventajas que tienen los aireadores tipo rampa con respecto a los aireadores tipo escalón, que se presentaron en el desarrollo de los ejemplos anteriores, es que se debe de considerar una distancia considerable (aproximadamente mayor de 35 metros), tanto para la instalación del aireador antes del pie de la rápida como para la instalación entre dos o más aireadores.
- En relación a la utilización de los aireadores tipo escalón, su localización es más sencilla, instalándose éstos en la sección inmediatamente aguas arriba donde se detectan los posibles problemas de cavitación, es decir, una $C_o < 8\%$ y una $\sigma < 0.20$.
- Las dimensiones de los aireadores tipo escalón suelen ser relativamente grandes, ocasionando problemas en la instalación en obras existentes.
- Pueden ser instalados dos o más aireadores tipo escalón sin que la longitud de instalación entre ellos tenga un efecto negativo en la generación de aire en el flujo, logrando reducir las dimensiones del mismo.
- En cuanto el punto de funcionamiento de una presa se encuentre más alejado de la curva de cavitación en relación a la altura de caída, se observó que tanto el dimensionamiento de los aireadores como la tipología utilizada es más compleja, así como el incremento de la instalación del número de los mismos y consecuentemente su distribución en la rápida del aliviadero.

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS.

8.1. Síntesis de la revisión del estado del arte.

El agua constituye un elemento fundamental para la vida humana, condicionada a la situación económica y social de la población. El aumento de los consumos o la necesidad de satisfacerlos con mayores garantías lleva a la necesidad de un mayor almacenamiento y una mejor regulación de los recursos hídricos disponibles.

A medida que estas condiciones se van presentando, los niveles de almacenamiento de los embalses son cada vez mayores a sus niveles máximos de diseño. Consecuentemente, pueden aparecer posibles daños en la estructura de la presa y riesgos de inundaciones no existentes previamente, cuando la capacidad de descarga del aliviadero se ve superada.

Para evitar estos riesgos potenciales de daños, se ha visto la necesidad de modificar la normativa en relación a la seguridad de presas y/o embalses de un modo cada vez más exigente, obligando en muchos casos a la ampliación de la capacidad de los aliviaderos existentes.

Al generarse estas nuevas reglamentaciones, cada vez se van estableciendo nuevos criterios de seguridad y la necesidad de actualizar periódicamente los estudios que en su día justificaron el dimensionamiento de las presas. Entre los aspectos a revisar se encuentra la hidrología y, consecuentemente, los caudales esperables de avenida, así como la utilización de mayores periodos de retorno para definir la avenida de proyecto.

Un aspecto que se desprende de lo anterior es que presas de gravedad vertedero que en su día fueron diseñadas para unas condiciones hidráulicas pueden haber empeorado su funcionamiento como consecuencia de esos nuevos inputs hidrológicos. En concreto, las obras de disipación de energía a pie de rápida pueden dejar de funcionar correctamente, por lo que también requieren de ser adaptados para que la presa en su conjunto satisfaga los nuevos requerimientos de seguridad.

Así, la presente tesina se ha centrado en el análisis del cuenco como elemento disipador de energía, en función de las características del flujo entrante en el mismo.

Un fenómeno de gran importancia que se presenta en las estructuras disipadoras de energía (cuencos amortiguadores), las cuales se sitúan aguas abajo de los aliviaderos de las presas, es el *resalto hidráulico*.

Los resaltos hidráulicos han sido ampliamente estudiados por su importancia en la disipación del exceso de energía del flujo aguas abajo de las estructuras hidráulicas. Éste fenómeno sirve principalmente para disipar el exceso de energía que fluye en el agua río abajo de dichas estructuras hidráulicas.

Desde principios del siglo pasado, distintos investigadores han estudiado el fenómeno del resalto hidráulico. En el caso de un canal rectangular, las ecuaciones que lo definen, como la de Bélanger para calcular la proporción de los calados conjugados o la de Bakhmeteff y Matzke, con la que se define el perfil teórico, siguen vigentes después de tantos años (150 y 60 años respectivamente) a pesar de su sencillez.

El amortiguamiento de la energía puede conseguirse, esencialmente, de dos formas: creando un cuenco amortiguador y/o por medio de un trampolín lanzador. Entre los elementos disipadores más usados y recomendados se encuentran los de umbral continuo, bloques amortiguadores, caída vertical y trampolín sumergido.

El cuenco amortiguador es la solución más común al pie de las presas de gravedad vertedero ($F_1 < 9$), para contener el resalto provocado por el cambio brusco de pendiente. Con frecuencia dentro del cuenco se colocan elementos disipadores que acortan su longitud e incrementan la disipación de energía dándole más estabilidad al resalto hidráulico. El objetivo principal perseguido con el uso de estos elementos disipadores es reducir la longitud del cuenco amortiguador garantizando su correcto funcionamiento.

Según su tipo, los elementos disipadores se agrupan en: geometría de fondo en alzado, geometría de fondo en planta, incremento de rugosidad en la solera y variación de caudal.

Por lo tanto, el diseño de la obra disipadora de energía se hace usando una combinación de los elementos disipadores, tales como, dientes, escalón, umbral o bloques amortiguadores, dando lugar a los denominados cuencos compuestos. Si la combinación de estos elementos está normalizada, hablamos de cuencos tipificados; mientras que, si se trata de una combinación específica se habla de cómo tipificar.

El uso sistemático y normalizado de estos dispositivos ha sido llevado a cabo mediante estudios realizados por el Saint Anthony Falls (SAF), el Bureau of Reclamation, Department of Interior U.S.A. (USBR), el Indian Standards Institution (ISI), el Instituto de Hidrotécnicas de Vedennev (VNIIG) y el U. S. Corps of Engineers (USCE). Estas agencias proponen cuencos tipificados según las características del resalto que se desee contener.

El uso de un cuenco amortiguador tipificado (de diseño generalizado) permite una mayor economía de proyecto. Esto se debe a una mayor estabilidad del resalto al tiempo que se

consigue un acortamiento de su longitud de desarrollo. La ventaja de recurrir a un cuenco tipificado es que la experiencia previa justifica su buen funcionamiento por lo que no es necesario recurrir a estudios específicos en modelos físicos reducidos.

Sin embargo, la utilización de estos tipos de cuencos tipificados debe garantizar que las distintas variables hidráulicas involucradas (número de Froude de entrada, altura de caída y caudal específico) estén dentro del rango para los que están diseñados.

La revisión del estado del arte ejecutada aporta una herramienta de fácil aplicación que permite, mediante un sencillo cálculo, elegir el tipo de cuenco amortiguador tipificado que debe utilizarse, esto es, el *ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*. Dicho ábaco facilita la elección del tipo de cuenco amortiguador tipificado, en función de ciertas características hidráulicas de la presa: caudal específico (q), altura de caída de la presa (Z). Además, el ábaco también es útil para comprobar la correcta elección del cuenco amortiguador de una determinada presa existente.

De manera adicional, se pueden presentar tanto en la rápida del aliviadero como en el cuenco disipador de energía de una presa problemas ocasionados por las altas velocidades que se generan en gran parte de éstas estructuras hidráulicas.

Los efectos directos e indirectos que provoca el agua a alta velocidad que más influyen sobre el diseño de una estructura disipadora de energía son: el arrastre del aire por fricción; la fricción en el contacto con el hormigón; la abrasión (en el cuenco); la erosión y socavación (aguas abajo del cuenco) y la cavitación (en la rápida y el cuenco). De todas ellas, para los fines de análisis del presente trabajo el efecto más importante a considerar es la cavitación.

En concreto, y bajo estos supuestos, la carencia de aire en cantidades suficientes puede dar lugar a depresiones importantes y a la aparición de problemas de cavitación.

La cavitación se produce cuando las burbujas de aire y vapor de agua son transportados a una zona de mayor presión donde tiene lugar una implosión. Esto resulta en elevadas presiones que pueden dañar el hormigón. La cavitación se trata como un problema de flujo de alta velocidad y para su análisis técnico se utiliza como criterio de diseño el índice de cavitación (σ), el cual sirve de modo sencillo para determinar si existe o no riesgo de cavitación. Este parámetro se calcula en función de las características del flujo (presión y velocidad) y de la presión de vapor del líquido y se compara con un cierto valor crítico (σ_c) obtenido de ensayos experimentales, y que marca el umbral de cavitación.

Para mitigar el problema de la cavitación, y cuando la aireación natural en la rápida es insuficiente, se puede recurrir a la aireación artificial para mejorar la concentración de aire en el agua

Para llevar a cabo la aireación artificial se construyen dispositivos de aireación que succionan aire introduciéndolo en el flujo para así alcanzar las concentraciones deseadas. Estos dispositivos se denominan aireadores, de los cuales se pueden considerar tres tipos básicos: *rampas*, *escalones* y *ranuras*. Sin embargo, en algunas ocasiones, ninguno de ellos por separado satisface por completo los requisitos que se les exigen a estos dispositivos, como suministro homogéneo, caudal de aire suficiente, perturbaciones pequeñas del flujo, etc. Por esta razón suelen utilizarse de forma combinada.

En el presente trabajo se aborda el efecto que tiene la aireación artificial en las estructuras hidráulicas, fundamentalmente en los aliviaderos y cuencos disipadores de energía, de las presas de gravedad vertedero para disminuir la aparición de los problemas de cavitación. En relación a la ubicación de éstas presas en la gráfica de la *curva de cavitación*, herramienta aportada en la revisión del estado del arte ejecutada, la cual nos permitirá identificar de forma anticipada tanto las presas que pueden estar propensas a la aparición de daños por cavitación como aquellas en las cuales no se espera la aparición de dicho fenómeno.

Con ayuda de la aireación artificial se amplía el campo de aplicación de los cuencos tipificados conocidos, al conseguir que situaciones que se salen de su rango de utilización. De tal manera que se vuelvan a tener condiciones de entrada al cuenco apropiadas

8.2. Aportaciones de la tesina.

En relación al desarrollo de los objetivos perseguidos en el presente trabajo, se lleva a cabo la comprobación de la buena elección y el correcto funcionamiento del cuenco amortiguador tipificado existente de las presas españolas de gravedad vertedero inventariadas, mediante la utilización del *ábaco para la elección y predimensionamiento del cuenco amortiguador tipificado*.

Además con la finalidad de ampliar el campo de aplicación de los cuencos tipificados y de resolver problemas de cavitación en la rápida, se analiza la instalación de aireadores artificiales para que con la aireación del flujo al pie de la rápida se vuelvan a tener condiciones de entrada al cuenco propias de cada cuenco tipificado y fuera de la zona de cavitación.

8.2.1. Diagnóstico de las presas españolas de gravedad vertedero.

Como ya se ha comentado, el cuenco amortiguador es la solución más común al pie de las presas vertedero, para contener el resalto provocado por el cambio brusco de pendiente así como también es una de las variadas estructuras de disipación de energía hidráulica. Con frecuencia dentro del cuenco amortiguador se colocan elementos disipadores que permiten acortar su longitud e incrementan la disipación de energía y la estabilidad del resalto.

El estudio del cuenco amortiguador desde el punto de vista hidráulico es un tema analizado en gran cantidad de publicaciones tanto desde el punto de vista teórico como con ensayos en modelo reducido y por supuesto a escala real en gran cantidad de presas.

Para llevar a cabo el proyecto de una presa, ya sea para una obra nueva o para modificar el funcionamiento de una existente, se tiene que, para hacer un buen diseño de la estructura disipadora, es necesario conocer tanto las características hidráulicas del flujo como las características geométricas de la estructura de la presa. Las más importantes son la altura de caída (Z) y caudal específico (q), binomio que conforma el llamado punto de funcionamiento (Capítulo 6). A partir de estas características se puede hacer un cálculo sencillo para conocer las características hidráulicas del flujo a la entrada del cuenco amortiguador (y_1, U_1, F_1), con las cuales, se puede identificar si alguno de los cuencos tipificados existente pueden provocar con garantías un resalto forzado que permita disipar correctamente la energía del flujo.

En relación a los resultados arrojados en el Capítulo 6, se tiene que el 76% de las presas analizadas se encuentran dentro del campo de aplicación de los cuencos amortiguadores tipificados (rango $q < 110 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ y $Z < 50 \text{ m}$) y un 12% en el que claramente excede dicho campo de aplicación, para los que será previsible tanto la aparición de anomalías en su funcionamiento como la aparición de los problemas de cavitación en la rápida. Por otro lado se tiene que el restante 12% no están, desde el punto de vista geométrico y/o hidráulico, completamente definidas en el inventario, por lo que no ha sido posible tomarlas en cuenta en el análisis. Del 76% de las presas que se encuentran en la región de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados, se tiene que un 21% de ellas cuentan con un cuenco disipador tipificado.

En relación a la correcta elección de los cuencos amortiguadores tipificados (Capítulo 6, apartado 6.4), se tiene que sólo el 11% del 21% de las presas que cuentan con cuenco amortiguador tipificado están fuera del rango de funcionamiento del mismo. En consecuencia, el 89% restante están funcionando correctamente desde este punto de vista.

En relación al análisis llevado a cabo, para verificar si es correcto el funcionamiento del cuenco amortiguador tipificado seleccionado de las presas españolas de gravedad vertedero

del inventario (Capítulo 6), se concluye que la utilización del *ábaco para la elección y predimensionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados* son una herramienta sencilla y robusta para comprobar la buena elección y correcto funcionamiento del cuenco amortiguador tipificado de una determinada presa existente.

En lo que corresponde a las presas que se encuentran fueran del rango de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados, se tiene que un 12% de estas están en esa situación, de donde, el 5% de ellas están en la región existente entre la zona hacia la izquierda de la curva de cavitación y la región fuera del rango de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados donde no existe cavitación y el 7% restante de éstas presas se encuentran en la región definida a la derecha de la curva de cavitación las cuales pueden presentar problemas de cavitación.

8.2.2. Propuestas para la resolución de problemas por cavitación y adaptación de casos fuera de rango.

En el presente trabajo se lleva a cabo, comparado la posición del punto de funcionamiento de la presa respecto de la *Curva de cavitación*, el diagnóstico anticipado de la aparición de problemas de erosión por cavitación en la rápida de cualquier presa de gravedad vertedero.

Además en el presente trabajo se propone, para los siguientes casos: **1^{er}**) En el que el cuenco amortiguador tipificado originalmente proyectado y construido, esté fuera del rango de funcionamiento de éste, en relación a su ábaco; **2^{do}**) En el que las presas estén situadas en la zona intermedia, entre la zona de funcionamiento de los cuencos amortiguadores tipificados y la región hacia la izquierda de la *Curva de Cavitación* y **3^{ra}**) En el que las presas estén situadas en la región hacia la derecha de la *Curva de Cavitación*, mediante el uso de la aireación artificial del flujo la adaptación de los casos anteriores a la región de aplicación de los cuencos amortiguadores tipificados así como de sus potenciales problemas de cavitación.

Con el uso de la aireación artificial se pueden modificar las características originales del flujo a la entrada del cuenco (y_1, U_1, F_1) cuya altura de caída correspondiente es Z , de tal forma que con las nuevas características del flujo aireado obtenidas ($y_{1eq}, U_{1eq}, F_{1eq}$) se calcula la altura de caída virtual correspondiente (Z_{eq}). Con este nuevo valor, que será menor que el original debido a que la aireación esponja y frena al flujo, y con el caudal específico que no varía, se obtiene el nuevo punto de funcionamiento (Z_{eq}, q). Como, en cualquier caso, $Z_{eq} < Z$, el nuevo punto de funcionamiento siempre supone un desplazamiento hacia la izquierda del ábaco. De este modo, actuando sobre la aireación, se puede conseguir desplazar el punto a la zona de no cavitación (a la izquierda de la curva), e incluso, llevarlo a la zona de correcto funcionamiento de los cuencos tipificados.

Para llevar a cabo la aireación artificial, se dispone de una serie de tipologías y tamaños de los aireadores. Los aireadores pueden ser de cada uno de los tres tipos básicos o pueden ser el resultado de la combinación de los dispositivos básicos con la finalidad de aprovechar las ventajas de cada una de ellos y lograr así un mejor funcionamiento conjunto (Capítulo 5).

Como complemento a los desarrollos teóricos expuestos para el uso de la aireación artificial, se ha utilizado el programa de cálculo ALIV-AIR, cuya aplicación permite caracterizar los flujos aireados en los aliviaderos y en los desagües profundos de las presas.

En lo que respecta a las consideraciones constructivas, se concluye que, para obras nuevas cualquier disposición es fácilmente ejecutable. Sin embargo, para una obra en funcionamiento que requiere ser aireada artificialmente, la solución más rápida y factible son los aireadores de tipo rampa. Por otro lado, en lo que respecta a los aireadores de disposición combinadas su construcción presenta dificultades mayores en su adaptación a la pendiente de la rápida del aliviadero.

En lo que respecta a las diferencias que se tienen entre la utilización de un aireador tipo rampa y uno tipo escalón, se concluye que el aireador tipo escalón presenta mejores resultados en la aireación del flujo con una menor alteración de éste, más sin embargo al analizar la combinación de estos el resultado arrojado es aún mejor.

Una de las desventajas que tienen los aireadores tipo rampa con respecto a los aireadores tipo escalón, que se presentaron en el desarrollo de los ejemplos del Capítulo 7, es que se debe de considerar una distancia considerable (aproximadamente mayor de 35 metros), tanto para la instalación del aireador antes del pie de la rápida como para la instalación entre dos o más aireadores. Sin embargo, esta tipología de aireadores es de más sencilla de ejecutar en una presa existente.

En relación a la utilización de los aireadores tipo escalón, su localización es más sencilla, instalándose éstos en la sección inmediatamente aguas arriba donde se detectan los posibles problemas de cavitación. Sin embargo, las dimensiones de los aireadores tipo escalón suelen ser relativamente grandes, ocasionando problemas en la ejecución en obras existentes.

Por otra parte, en cuanto el punto de funcionamiento de una presa se encuentre más alejado de la curva de cavitación en relación a la altura de caída, se observó que tanto el dimensionamiento de los aireadores como la tipología utilizada es más compleja, así como el incremento de la instalación del número de los mismos y consecuentemente su distribución en la rápida del aliviadero.

En síntesis y ateniéndonos de los ejemplos prácticos desarrollados en el Capítulo 7 del presente trabajo, con el uso de la aireación artificial se logra trasladar las coordenadas del punto de funcionamiento original de la presa a la región deseada, fuera de la zona de aparición de los daños por cavitación así como también dentro de la zona de funcionamiento de algún cuenco amortiguador tipificado.

8.3. Líneas de investigación futuras.

La metodología teórica y numérica analizada en este trabajo constituye una herramienta de utilidad para el análisis de la aireación artificial para evitar daños por cavitación en cualquier presa de gravedad vertedero que tenga cuenco disipador de energía de resalto hidráulico situados al pie de las mismas. En este sentido y teniendo en cuenta el estado actual del conocimiento, se cree de interés el profundizar aun más en el estudio de la aireación artificial del flujo. Siempre se podrán proponer nuevas ideas, y éstas deberán ser estudiadas en detalle y ensayadas en laboratorio para garantizar su buen funcionamiento en caso de que se usaran en un prototipo. A continuación se propone algunas de ellas:

- Para una relación de varios valores de Z y q , se podrían establecer las **concentraciones de aire máximas admisibles** por el flujo a la entrada al cuenco.
- Establecer una **altura máxima de la presa** en relación con las características hidráulicas del flujo, que garantice el buen funcionamiento de la misma, sin problemas de cavitación.
- Analizar y establecer la **eficiencia máxima** que se obtiene con la utilización de los diferentes tipos de aireadores artificiales existentes en relación a una serie de características hidráulicas y geométricas (Z , q).
- Proponer, analizar y ensayar algunas **disposiciones óptimas** de los aireadores, en relación a la construcción de un modelo reducido de ensayo.
- Establecer una relación de **valores para el diseño de los diferentes tipos de aireadores** artificiales existentes, a condiciones fuera de su rango de diseño, incluso llevando a cabo su comprobación con la construcción de modelos físicos reducidos.
- Analizar la mejora en el **funcionamiento hidráulico** con el uso de la aireación artificial en cuencos amortiguadores lisos sin elementos disipadores analizados.
- Analizar la mejora en la **eficiencia del resalto hidráulico** conforme se incrementa la aireación al pie de la rápida.

APÉNDICE.

**FICHAS TÉCNICAS DEL INVENTARIO DE PRESAS ESPAÑOLAS DE
GRAVEDAD VERTEDERO.**



Ficha técnica de la presa: AGUEDA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	AGUEDA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	VIRGLIO GARCIA ANTON
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1931
Fecha de recimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Rio en el que se encuentra la presa:	AGUEDA
Municipio:	ZAMARRA Y PASTORES
Cuenca hidrográfica:	DUERO
Provincia:	SALAMANCA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	204874 - 4492593

3. USOS DEL EMBALSE

Usuario:	---
Tipos:	Abastecimiento , Riego , Hidroeléctrico

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	910
Aportación media anual (hm ³):	415
Precipitación media anual (mm):	597
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	2748

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	662,12
Altura desde cimientos (m):	37,6
Longitud de coronación (m):	195,7
Cota cimentación (m):	624,52
Cota del cauce en la presa (m):	627,52
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	76,24

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	177
Capacidad a NMN (hm ³):	22,4
Cota de INMN (m):	659,02

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	2
Capacidad (m ³ /s):	0
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	41,8

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: AGUILAR DE CAMPOO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	AGUILAR DE CAMPOO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	LUS DIAZ-CANEJA PANDO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	02-09-1964
Fecha de recrimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	PISUERGA
Municipio:	AGUILAR DE CAMPOO
Cuenca hidrográfica:	DUERO
Provincia:	PALENCIA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	394705 - 4739000

3. USOS DEL EMBALSE

Usuario:	---
Tipos:	Hidroeléctrico , Riego , Abastecimiento

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	546
Aportación media anual (hm ³):	338
Precipitación media anual (mm):	688
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	813,15

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	943,3
Altura desde cimientos (m):	48
Longitud de coronación (m):	500
Cota cimentación (m):	895,3
Cota del cauce en la presa (m):	900
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	269

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	1646
Capacidad a NMN (hm ³):	247,227
Cota de INMN (m):	942

7. DATOS DEL ALIVADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	747,63
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	2
Capacidad (m ³ /s):	100,34

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: CASTRO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	CASTRO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	BERDROLA GENERACION S.A.
Proyectista:	P. MARTINEZ ARTOLA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	16-02-2009
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1952
Fecha de recrecimiento:	01-01-1974

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	DUERO
Municipio:	FONFRÍA/ALCAÑICES
Cuenca hidrográfica:	DUERO
Provincia:	ZAMORA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	234088 - 4607766

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	BERDROLA , , ---
Tipos:	Hidroeléctrico , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	63196
Aportación media anual (hm ³):	10060
Precipitación media anual (mm):	625
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	7000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	568,3
Altura desde cimientos (m):	55
Longitud de coronación (m):	144
Cota cimentación (m):	513,3
Cota del cauce en la presa (m):	516
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	87

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	180
Capacidad a NMN (hm ³):	27,3
Cota del NMN (m):	564

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	10792
Regulación:	Compuerta sector.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	2
Capacidad (m ³ /s):	45

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: LINARES DEL ARROYO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	LINARES DEL ARROYO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	JOSE MARTIN ELVIRA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	30-04-1953
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	RIAZA
Municipio:	MADERUELO
Cuenca hidrográfica:	DUERO
Provincia:	SEGOVIA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	453996 - 4597544

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Hidroeléctrico , Riego , Abastecimiento

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	760
Aportación media anual (hm3):	88
Precipitación media anual (mm):	565
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	600

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	916,6
Altura desde cimientos (m):	35,6
Longitud de coronación (m):	111,85
Cota cimentación (m):	881
Cota del cauce en la presa (m):	887,3
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	52,3

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	470
Capacidad a NMN (hm3):	54,55
Cota del NMN (m):	915,3

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	745,97
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	42

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: SAN JOSE

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SAN JOSE
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	JOSE CAMARA RICA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	13-12-2010
Fecha de finalización de las obras:	17-11-1945
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	DUERO
Municipio:	CASTRONUÑO
Cuenca hidrográfica:	DUERO
Provincia:	VALLADOLID
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	310275 - 4586175

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, CANALES SAN JOSÉ Y TORO-ZAMORA, ---
Tipos:	Hidroeléctrico , Riego ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	39626
Aportación media anual (hm3):	3631
Precipitación media anual (mm):	372
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	2998

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	666,3
Altura desde cimientos (m):	14,05
Longitud de coronación (m):	156
Cota cimentación (m):	643,25
Cota del cauce en la presa (m):	644,75
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	48,02

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	250
Capacidad a NMN (hm3):	5,5
Cota del NMN (m):	654,75

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	3042
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

[Píñcha en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Píñcha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: SANTA TERESA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SANTA TERESA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	LUIA DIAZ- CANEJA PANDO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	28-02-1961
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	TORMES
Municipio:	MONTEJO DE SALVATIERRA Y PELAYOS
Cuenca hidrográfica:	DUERO
Provincia:	SALAMANCA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	280203 - 4505246

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	.. ---
Tipos:	Hidroeléctrico , Riego , Abastecimiento

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	1853
Aportación media anual (hm3):	700
Precipitación media anual (mm):	639,4
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	2050

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	887,2
Altura desde cimientos (m):	60
Longitud de coronación (m):	517
Cota cimentación (m):	827,2
Cota del cauce en la presa (m):	832,7
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	385,57

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	2579
Capacidad a NMN (hm3):	496
Cota del NMN (m):	885,7

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	2
Capacidad (m3/s):	78

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: SAUCELLE

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SAUCELLE
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	BERDROLA GENERACION S.A.
Proyectista:	P-MARTINEZ ARTOLA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	09-05-2008
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1956
Fecha de recrecimiento:	01-01-1985

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	DUERO
Municipio:	SAUCELLE
Cuenca hidrográfica:	DUERO
Provincia:	SALAMANCA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	180035 - 4551018

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	BERDROLA , , ---
Tipos:	Hidroeléctrico , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	73715
Aportación media anual (hm3):	12393,6
Precipitación media anual (mm):	509
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	12500

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	194,5
Altura desde cimientos (m):	83
Longitud de coronación (m):	189
Cota cimentación (m):	111,5
Cota del cauce en la presa (m):	114
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	233,56

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	589
Capacidad a NMN (hm3):	181,5
Cota del NMN (m):	190

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	2
Capacidad (m3/s):	1300
Regulación:	Compuerta segmento.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	194

9. FOTOGRAFÍAS



[Pincha en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: SELGA DE ORDAS

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SELGA DE ORDAS
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	LUIS LLANOS SILVELA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1961
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	LUNA
Municipio:	RIOSECO DE TAPIA, STA. MARIA ORDAS
Cuenca hidrográfica:	DUERO
Provincia:	LEON
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	271923 - 4737491

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	..---
Tipos:	Abastecimiento , Hidroeléctrico , Riego

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	138
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	500
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	1148

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	964,05
Altura desde cimientos (m):	14,4
Longitud de coronación (m):	159
Cota cimentación (m):	950,1
Cota del cauce en la presa (m):	953,1
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	33

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	66,47
Capacidad a NMN (hm3):	2,433
Cota del NMN (m):	963,7

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1390
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	152

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: VENCIAS, LAS

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	VENCIAS, LAS
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	UNION FENOSA GENERACION S.A.
Proyectista:	E-BECERRIL
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	30-10-2008
Aprobación del plan de emergencia:	30-01-2009
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1962
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	DURATÓN
Municipio:	FUENTIDUEÑA
Cuenca hidrográfica:	DUERO
Provincia:	SEGOVIA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	419459 - 4586898

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	UNION FENOSA , , ---
Tipos:	Hidroeléctrico , Regulación , Riego

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	1150
Aportación media anual (hm3):	239
Precipitación media anual (mm):	517
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	0

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Arco Gravedad
Cota coronación (m):	827,6
Altura desde cimientos (m):	33,3
Longitud de coronación (m):	82
Cota cimentación (m):	795,3
Cota del cauce en la presa (m):	804,4
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	14,51

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	70,8
Capacidad a NMN (hm3):	4,5
Cota del NMN (m):	823,4

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS

[Pincha en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: VILLAGONZALO (AZUD)

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	VILLAGONZALO (AZUD)
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	LUIS DIAZ CANEJA PANDO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	14-02-1960
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	TORMES
Municipio:	VILLAGONZALO DE TORMES Y GARRIBERNADEZ
Cuenca hidrográfica:	DUERO
Provincia:	SALAMANCA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	289812 - 4527892

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	..---
Tipos:	Riego , Hidroeléctrico , Riego

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	790
Aportación media anual (hm3):	714
Precipitación media anual (mm):	700
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	2920

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	805,8
Altura desde cimientos (m):	14,5
Longitud de coronación (m):	165,4
Cota cimentación (m):	791,3
Cota del cauce en la presa (m):	794,3
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	22

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	208
Capacidad a NMN (hm3):	5,9
Cota del NMN (m):	804,3

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	2900
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

[Pincha en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: CIURANA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	CIURANA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	GENERALITAT DE CATALUÑA
Proyectista:	A. POL GIMENEZ
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1972
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	CIURANA
Municipio:	CORNUELLA DE MONTSANT
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	TARRAGONA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	828373 - 4574080

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	.. --
Tipos:	Abastecimiento , Riego ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	60,4
Aportación media anual (hm ³):	9,32
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	443,68

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	489,14
Altura desde cimientos (m):	62,74
Longitud de coronación (m):	274,4
Cota cimentación (m):	426,4
Cota del cauce en la presa (m):	436,57
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	180

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	80
Capacidad a NMN (hm ³):	12,43
Cota del NMN (m):	485,9

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	443
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	28,4

9. FOTOGRAFÍAS

[Pincha en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: EUGUI

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	EUGUI
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	J-RUIZ DE AZUA Y LORCA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	12-03-2003
Aprobación del plan de emergencia:	18-11-2002
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1972
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ARGA
Municipio:	ESTERIBAR
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	NAVARRA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	621303 - 4758970

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	MANCOMUNIDAD AGUAS DE PAMPLONA , , ---
Tipos:	Abastecimiento , Hidroeléctrico ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	69
Aportación media anual (hm3):	124
Precipitación media anual (mm):	1674
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	270

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	630
Altura desde cimientos (m):	51
Longitud de coronación (m):	252
Cota cimentación (m):	579
Cota del cauce en la presa (m):	585
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	62,25

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	123
Capacidad a NMN (hm3):	21,88
Cota del NMN (m):	628

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	270
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	2
Capacidad (m3/s):	26,03

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: JAVIERRELATRE

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	JAVIERRELATRE
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ELECTRICAS REUNIDAS DE ZARAGOZA
Proyectista:	C. SANCHO REBULLIDA
Categoría en función del riesgo potencial:	C
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1996
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	GALLEGO
Municipio:	JAVIERRELATRE
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	HUESCA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	708355 - 4698427

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	ERZ , , ---
Tipos:	Hidroeléctrico , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	1035
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	1950

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	662,31
Altura desde cimientos (m):	14
Longitud de coronación (m):	118
Cota cimentación (m):	648,31
Cota del cauce en la presa (m):	652,31
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	13

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	12,8
Capacidad a NMN (hm3):	,4
Cota del NMN (m):	659,91

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1950
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

No existen fotos para la presa seleccionada

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: LASPUÑA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	LASPUÑA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ELECTRICAS REUNIDAS DE ZARAGOZA
Proyectista:	P-M-GUINEA
Categoría en función del riesgo potencial:	B
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1965
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	CINCA
Municipio:	TELLA-SIN, LASPUÑA
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	HUESCA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	762772 - 4715241

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	ERZ , , ---
Tipos:	Hidroeléctrico , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	520
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	1500

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	8
Capacidad a NMN (hm3):	,35
Cota del NMN (m):	674

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	676,12
Altura desde cimentos (m):	23
Longitud de coronación (m):	94,5
Cota cimentación (m):	653,12
Cota del cauce en la presa (m):	665
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	14

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1548
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

No existen fotos para la presa seleccionada

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: MANSILLA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	MANSILLA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	J. GLEZ. LACASA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	23-10-2009
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1990
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	NAJERILLA
Municipio:	MANSILLA DE LA SIERRA, VILLAVELAYO
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	LOGROÑO
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	507343 - 4667566

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	.. --
Tipos:	Abastecimiento , Hidroeléctrico , Riego

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	290
Aportación media anual (hm3):	169
Precipitación media anual (mm):	793
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	1007,3

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	932
Altura desde cimientos (m):	80
Longitud de coronación (m):	209,1
Cota cimentación (m):	852
Cota del cauce en la presa (m):	860
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	253

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	234,5
Capacidad a NMN (hm3):	67,7
Cota del NMN (m):	928

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	572,95
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	75

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: MEQUINENZA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	MEQUINENZA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ENHER
Proyectista:	M. SANCHEZ DEL CORRAL
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1964
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	EBRO
Municipio:	MEQUINENZA
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	ZARAGOZA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	774241 - 4584997

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	ENHER , , --
Tipos:	Hidroeléctrico , Riego ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	55000
Aportación media anual (hm3):	9190
Precipitación media anual (mm):	561
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	11000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	75,4
Capacidad a NMN (hm3):	1530
Cota del NMN (m):	121

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	124
Altura desde cimientos (m):	79
Longitud de coronación (m):	461
Cota cimentación (m):	45
Cota del cauce en la presa (m):	60
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	1100

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	11000
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	160

9. FOTOGRAFÍAS

[Píñche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Píñche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: MONREAL

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	MONREAL
Otro Nombre:	UNCITI (ANTES)
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	CANAL DE NAVARRA
Proyectista:	OSWALDO ZAERA BOROBA
Categoría en función del riesgo potencial:	B
Aprobación de las normas de explotación:	11-04-2008
Aprobación del plan de emergencia:	16-05-2005
Fecha de finalización de las obras:	01-11-2006
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	RÍO DEL VALLE DE UNATI
Municipio:	UNCITI - MONREAL
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	NAVARRA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	620494 - 4731136

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Riego , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	2,9
Aportación media anual (hm3):	12,3
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	137,2

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	519,9
Altura desde cimientos (m):	21,9
Longitud de coronación (m):	433,74
Cota cimentación (m):	498
Cota del cauce en la presa (m):	506
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	38,34

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	10,57
Capacidad a NMN (hm3):	,585
Cota del NMN (m):	517,5

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	5,94

9. FOTOGRAFÍAS

No existen fotos para la presa seleccionada

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: PUENTELARRA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	PUENTELARRA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	BERDROLA GENERACION S.A.
Proyectista:	P-ARTOLA
Categoría en función del riesgo potencial:	C
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1968
Fecha de recrecimiento:	---

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	BERDROLA , , ---
Tipos:	Hidroeléctrico , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	5036
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	1800

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	40
Capacidad a NMN (hm3):	1,5
Cota del NMN (m):	---

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1800
Regulación:	Compuertas.

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	EBRO
Municipio:	BOZOO
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	BURGOS
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	496022 - 4734033

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	481,5
Altura desde cimientos (m):	26
Longitud de coronación (m):	130
Cota cimentación (m):	455,5
Cota del cauce en la presa (m):	465,5
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	20

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: RIALB

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	RIALB
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Puesta en Carga
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	JUAN BENET GOITIA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	23-10-2009
Aprobación del plan de emergencia:	26-03-2002
Fecha de finalización de las obras:	31-03-2000
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	SEGRE
Municipio:	TURANA
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	LLEIDA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	848057 - 4651959

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	VARIOS (80 NÚCLEOS) , CANAL DE URGEL , SEGARRA-GARRIGUÉZ, G. ALTA, G. BAJA , VARIAS INDUSTRIAS INDEPENDIENTES ABASTECIMIENTO
Tipos:	Abastecimiento , Riego , Industrial

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	3320
Aportación media anual (hm ³):	1108
Precipitación media anual (mm):	750
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	3171

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	436
Altura desde cimientos (m):	101
Longitud de coronación (m):	604,6
Cota cimentación (m):	337
Cota del cauce en la presa (m):	360
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	1200

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	1505
Capacidad a NMN (hm ³):	402,8
Cota del NMN (m):	430

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	3089
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	212

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: RIBARROJA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	RIBARROJA
Otro Nombre:	RIBA ROJA
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ENHER
Proyectista:	A. GETE
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1969
Fecha de recrecimiento:	---

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	FAYON Y ESTACION FERROCARRIL , ENHER , VARIOS
Tipos:	Abastecimiento , Hidroeléctrico , Riego

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	80823
Aportación media anual (hm3):	14537,81
Precipitación media anual (mm):	727,92
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	10822

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	2028,9
Capacidad a NMN (hm3):	206,9
Cota del NMN (m):	70

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	7756
Regulación:	Compuertas.

9. FOTOGRAFÍAS

No existen fotos para la presa seleccionada

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	EBRO
Municipio:	RIBA-ROJA D'EBRE
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	TARRAGONA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	788146 - 4571794

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	76
Altura desde cimientos (m):	60
Longitud de coronación (m):	362,4
Cota cimentación (m):	16
Cota del cauce en la presa (m):	37,7
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	800

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	2
Capacidad (m3/s):	273

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: SAN LORENZO MONGAY

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SAN LORENZO MONGAY
Otro Nombre:	SANT LLORENÇ DE MONTGAI
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Proyectista:	L.SANTASUSANA
Categoría en función del riesgo potencial:	B
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1930
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	SEGRE
Municipio:	CAMARASA
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	LLEIDA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	818899 - 4640769

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Hidroeléctrico , Riego ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	7110
Aportación media anual (hm ³):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	3000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad y Materiales sueltos homogénea
Cota coronación (m):	248,17
Altura desde cimientos (m):	24
Longitud de coronación (m):	944
Cota cimentación (m):	224,17
Cota del cauce en la presa (m):	229,17
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	0

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	140
Capacidad a NMN (hm ³):	9,51
Cota del NMN (m):	247,17

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	2
Capacidad (m ³ /s):	2280
Regulación:	Compuerta sector.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m ³ /s):	---

9. FOTOGRAFÍAS



Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: SOBRON

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SOBRON
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	BERDROLA GENERACION S.A.
Proyectista:	P. MARTINEZ ARTOLA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1961
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	EBRO
Municipio:	BOZÓO Y LANTRÓN
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	BURGOS
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	487365 - 4734308

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, BERDROLA, ---
Tipos:	Abastecimiento , Hidroeléctrico , Riego

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	4764
Aportación media anual (hm3):	1600
Precipitación media anual (mm):	700
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	1583,6

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	512,8
Altura desde cimientos (m):	41,8
Longitud de coronación (m):	203,75
Cota cimentación (m):	471
Cota del cauce en la presa (m):	475,8
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	77

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	281,8
Capacidad a NMN (hm3):	20,11
Cota del NMN (m):	511

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1583,6
Regulación:	Compuerta segmento.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	45

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)

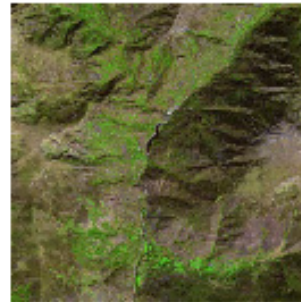


Ficha técnica de la presa: TAVASCAN

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	TAVASCAN
Otro Nombre:	TABESCAN
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Proyectista:	J-SERRANO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	06-10-2008
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1966
Fecha de recrecimiento:	19-01-1966

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	NOGUERA DE CARDOS
Municipio:	LLADORRE
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	LLEIDA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	849003 - 4729481

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	FECSA , , ---
Tipos:	Hidroeléctrico , Regulación ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	128,6
Aportación media anual (hm3):	44,3
Precipitación media anual (mm):	1150
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	303,5

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	1106,75
Altura desde cimientos (m):	29,5
Longitud de coronación (m):	56,6
Cota cimentación (m):	1077,25
Cota del cauce en la presa (m):	1078,05
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	12,6

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	7,9
Capacidad a NMN (hm3):	,64
Cota del NMN (m):	1104,4

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	216,7
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	66,8

9. FOTOGRAFÍAS



Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)

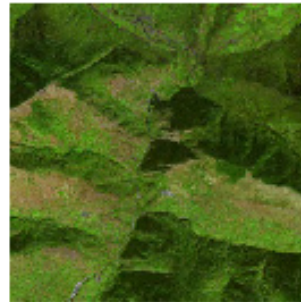


Ficha técnica de la presa: TORAN / PONT DE REY

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	TORAN / PONT DE REY
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ENDESA GENERACIÓN, S.A.
Proyectista:	S-GOSSE Y J. SERRANO
Categoría en función del riesgo potencial:	B
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1964
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	TORAN
Municipio:	CANEJAN
Cuenca hidrográfica:	EBRO
Provincia:	LLEIDA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	805574 - 4750766

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	ENDESA , , ---
Tipos:	Hidroeléctrico , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	51,8
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	120

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	694,24
Altura desde cimientos (m):	36,5
Longitud de coronación (m):	93
Cota cimentación (m):	659,39
Cota del cauce en la presa (m):	668,74
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	13,5

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	1,96
Capacidad a NMN (hm3):	,19
Cota del NMN (m):	---

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	132
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

No existen fotos para la presa seleccionada

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: AGUJÓN, EL

LUNES, 13 FEBRERO 2012

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	AGUJÓN, EL
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T
Proyectista:	E. GRONAMENDOZA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1995

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ALCARRACHE
Municipio:	HIGUERA DE VARGAS, BARCARROTA
Cuenca hidrográfica:	GUADIANA
Provincia:	BADAJOZ
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	157847 - 4266080

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—, —, —
Tipos:	Abastecimiento, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	104,000
Aportación media anual (hm ³):	19,000
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	410,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	188,350
Capacidad a NMIN (hm ³):	10,600
Cota del NMIN (m):	—

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	387
Altura desde cimentos (m):	28,000
Longitud de coronación (m):	361
Cota cimentación (m):	353,000
Cota del cauce en la presa (m):	356,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	76,000

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	428,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	—
Capacidad (m ³ /s):	—

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: AROCHE

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	AROCHE
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE AROCHE
Proyectista:	J.M. FERNANDEZ
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1977
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	VALDESOTELLAS
Municipio:	AROCHE
Cuenca hidrográfica:	GUADIANA
Provincia:	HUELVA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	150747 - 4212224

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	17
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	770
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	100

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	279
Altura desde cimientos (m):	16,5
Longitud de coronación (m):	74,5
Cota cimentación (m):	262,5
Cota del cauce en la presa (m):	264
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	3,74

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	2,85
Capacidad a NMN (hm3):	,13
Cota del NMN (m):	276,5

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	100
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

No existen fotos para la presa seleccionada

10. PLANOS

[Pulse para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: BURDALO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	BURDALO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Construcción
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	J. BARRAU - COTAS INTERN.
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	07-05-2010
Fecha de finalización de las obras:	---
Fecha de recriminación:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	BURDALO
Municipio:	ESCLUIEL, MIAJADAS
Cuenca hidrográfica:	GUADIANA
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	242600 - 4342200

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, CANAL DE ORELLANA, ---
Tipos:	Abastecimiento , Riego , Hidroeléctrico

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	576
Aportación media anual (hm ³):	38,6
Precipitación media anual (mm):	657,411
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	563,9

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	318,5
Altura desde cimientos (m):	35,5
Longitud de coronación (m):	768
Cota cimentación (m):	287,5
Cota del cauce en la presa (m):	289,5
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	14,74

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	1011
Capacidad a NMN (hm ³):	79,3
Cota del NMN (m):	315,5

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	85
Regulación:	Construcción

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	40

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: CANCHALES, LOS

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	CANCHALES, LOS
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	J-BARRAU
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	08-10-2008
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1991
Fecha de recrecimiento:	—

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	LACARA
Municipio:	MONTUJO
Cuenca hidrográfica:	GUADIANA
Provincia:	BADAJOS
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	194855 - 4318913

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , —
Tipos:	Abastecimiento , Riego , Hidroeléctrico

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	392,11
Aportación media anual (hm3):	46,7
Precipitación media anual (mm):	500
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	628,46

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Hormigón Compactado
Cota coronación (m):	226,4
Altura desde cimientos (m):	21
Longitud de coronación (m):	240
Cota cimentación (m):	205,4
Cota del cauce en la presa (m):	208,4
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	84

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	714,77
Capacidad a NMN (hm3):	25,89
Cota del NMN (m):	220,1

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	128
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	7,54

9. FOTOGRAFÍAS

[Pincha en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: COLADA, LA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	COLADA, LA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ACUASUR (AGUAS DE LAS CUENCAS DEL SUR)
Proyectista:	PYCSA
Categoría en función del riesgo potencial:	B
Aprobación de las normas de explotación:	26-07-2007
Aprobación del plan de emergencia:	21-02-2006
Fecha de finalización de las obras:	---
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	GUADAMATELLA
Municipio:	VISO, EL, BELALCAZAR
Cuenca hidrográfica:	GUADIANA
Provincia:	CORDOBA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	324901 - 4268485

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	396,15
Aportación media anual (hm3):	32
Precipitación media anual (mm):	500,74
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	712

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Arco Gravedad
Cota coronación (m):	478
Altura desde cimientos (m):	48,5
Longitud de coronación (m):	274
Cota cimentación (m):	429,5
Cota del cauce en la presa (m):	437
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	70,9

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	529,38
Capacidad a NMN (hm3):	57,69
Cota del NMN (m):	473,5

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: NOGALES

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	NOGALES
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE EXTREMADURA
Proyectista:	PROINTEC
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1991
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	RIBERA DE NOGALES
Municipio:	NOGALES
Cuenca hidrográfica:	GUADIANA
Provincia:	BADAJOS
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	174177 - 4275289

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Abastecimiento , Riego ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	105,48
Aportación media anual (hm ³):	14,81
Precipitación media anual (mm):	590
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	380

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	369,4
Altura desde cimientos (m):	38,5
Longitud de coronación (m):	315
Cota cimentación (m):	330,9
Cota del cauce en la presa (m):	340
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	75,6

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	152,5
Capacidad a NMN (hm ³):	14,99
Cota del NMN (m):	364,9

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	198,43
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	29,1

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: SAUCEDILLA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SAUCEDILLA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE SAUCEDILLA
Proyectista:	A. RUBIO MURILLO
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1976
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	SAUCEDILLA
Municipio:	FUENCALENTE
Cuenca hidrográfica:	GUADIANA
Provincia:	CIUDAD REAL
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	375212 - 4252129

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	8,9
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	33

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	603,54
Altura desde cimientos (m):	14
Longitud de coronación (m):	127,8
Cota cimentación (m):	589,54
Cota del cauce en la presa (m):	593,54
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	0

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	3,7
Capacidad a NMN (hm3):	,1
Cota del NMN (m):	602,54

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	33
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

No existen fotos para la presa seleccionada

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: VALUENGO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	VALUENGO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE EXTREMADURA
Proyectista:	INC
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1959
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ARDILA
Municipio:	JEREZ DE LOS CABALLEROS
Cuenca hidrográfica:	GUADIANA
Provincia:	BADAJOS
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	178405 - 4245838

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Hidroeléctrico , Riego ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	1254
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	1160

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	296,62
Altura desde cimientos (m):	32,74
Longitud de coronación (m):	197
Cota cimentación (m):	265,88
Cota del cauce en la presa (m):	270
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	35,2

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	150
Capacidad a NMN (hm3):	19,3
Cota del NMN (m):	296,62

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1779
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

No existen fotos para la presa seleccionada

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: VICARIO, EL

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	VICARIO, EL
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	M-BARREDA
Categoría en función del riesgo potencial:	B
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	18-01-2008
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1973
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	GUADIANA
Municipio:	CIUDAD REAL
Cuenca hidrográfica:	GUADIANA
Provincia:	CIUDAD REAL
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	414690 - 4324550

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Riego , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	16050
Aportación media anual (hm3):	40
Precipitación media anual (mm):	450
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	1496

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	601,5
Altura desde cimientos (m):	21,5
Longitud de coronación (m):	173
Cota cimentación (m):	580
Cota del cauce en la presa (m):	583
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	25,91

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	907,85
Capacidad a NMN (hm3):	31,66
Cota del NMN (m):	599

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1500
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: VILLAR DEL REY

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	VILLAR DEL REY
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	R. SALAS - HERRING
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	04-02-2011
Aprobación del plan de emergencia:	15-06-2005
Fecha de finalización de las obras:	30-10-1987
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ZAPATON
Municipio:	VILLAR DEL REY
Cuenca hidrográfica:	GUADIANA
Provincia:	BADAJOS
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	165626 - 4340893

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	.. --
Tipos:	Abastecimiento , Hidroeléctrico ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	1049
Aportación media anual (hm3):	86
Precipitación media anual (mm):	804
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	1700

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	248
Altura desde cimientos (m):	50
Longitud de coronación (m):	204,8
Cota cimentación (m):	198
Cota del cauce en la presa (m):	207
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	80

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	1270
Capacidad a NMN (hm3):	131,29
Cota del NMN (m):	243

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	450
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	78,61

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: CARCABO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	CARCABO
Otro Nombre:	RAMBLA DEL CARCABO
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	JULIO MUÑOZ BRAVO - CYGSA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	28-09-2006
Fecha de finalización de las obras:	23-12-1992
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	CARCABO
Municipio:	CIEZA
Cuenca hidrográfica:	SEGUERA
Provincia:	MURCIA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	629120 - 4231613

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	.. --
Tipos:	Defensa frente a avenidas . .

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	36,01
Aportación media anual (hm ³):	2,21
Precipitación media anual (mm):	313
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	170,49

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	259,87
Altura desde cimientos (m):	45,5
Longitud de coronación (m):	118
Cota cimentación (m):	214,87
Cota del cauce en la presa (m):	223,87
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	50,4

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	7,81
Capacidad a NMN (hm ³):	,5
Cota del NMN (m):	256,5

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	65
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	45,4

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: CENAJO, EL

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	CENAJO, EL
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	RAFAEL COUCHOUD SEBASTIAN
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	23-10-2009
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1960
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	SEGURA
Municipio:	MORATALLA Y HELLIN
Cuenca hidrográfica:	SEGURA
Provincia:	MURCIA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	607142 - 4247250

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Defensa frente a avenidas , Riego ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	1381,8
Aportación media anual (hm ³):	298
Precipitación media anual (mm):	325
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	1176,2

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	437,2
Altura desde cimientos (m):	102,2
Longitud de coronación (m):	201
Cota cimentación (m):	335
Cota del cauce en la presa (m):	353
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	525

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	1732
Capacidad a NMN (hm ³):	437,35
Cota del NMN (m):	433,4

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	858
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	232

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: JOSE BAUTISTA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	JOSE BAUTISTA
Otro Nombre:	ROMERAL, EL
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	CARLOS MARCO GARCIA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	24-11-2008
Aprobación del plan de emergencia:	04-12-2007
Fecha de finalización de las obras:	30-12-1999
Fecha de recrecimiento:	—

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	GUADALENTIN
Municipio:	LIBRILLA
Cuenca hidrográfica:	SEGURA
Provincia:	MURCIA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	648160 - 4193536

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , —
Tipos:	Defensa frente a avenidas , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	3142
Aportación media anual (hm ³):	0
Precipitación media anual (mm):	358
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	2298,6

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	80
Capacidad a NMN (hm ³):	5,55
Cota del NMN (m):	113,75

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	137
Altura desde cimientos (m):	33,5
Longitud de coronación (m):	265
Cota cimentación (m):	103,5
Cota del cauce en la presa (m):	111
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	240

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	2080
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	56

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: MORRON, EL

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	MORRON, EL
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	FRANCISCO GARCIA ORTIZ
Categoría en función del riesgo potencial:	B
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	10-03-1997
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	RAMBLA DEL MORRON
Municipio:	JUMILLA
Cuenca hidrográfica:	SEGURA
Provincia:	MURCIA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	641570 - 4259485

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Defensa frente a avenidas , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	13
Aportación media anual (hm ³):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	60,6

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	595,54
Altura desde cimientos (m):	15,5
Longitud de coronación (m):	58
Cota cimentación (m):	580,54
Cota del cauce en la presa (m):	583,54
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	3,27

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	1,11
Capacidad a NMN (hm ³):	,029
Cota del NMN (m):	591,54

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	68,8
Regulación:	Nb, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	2
Capacidad (m ³ /s):	10,39

9. FOTOGRAFÍAS

[Pincha en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)

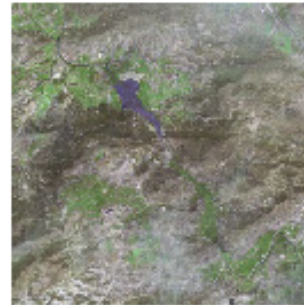


Ficha técnica de la presa: OJOS (AZUD)

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	OJOS (AZUD)
Otro Nombre:	MAYES
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	ALFONSO BOTIA PANTOJA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1975
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	SEGURA
Municipio:	BLANCA
Cuenca hidrográfica:	SEGURA
Provincia:	MURCIA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	644545 - 4224880

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Riego , Hidroeléctrico ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	985,6
Aportación media anual (hm ³):	450
Precipitación media anual (mm):	300
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	750

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	140,67
Altura desde cimientos (m):	17,67
Longitud de coronación (m):	53
Cota cimentación (m):	123
Cota del cauce en la presa (m):	128,5
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	19,51

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	85
Capacidad a NMN (hm ³):	2,85
Cota del NMN (m):	138,55

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	766,68
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	56,21

9. FOTOGRAFÍAS

[Píñche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Píñche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: PLEIGO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	PLEIGO
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	JOAQUIN EZCURRA CARTAGENA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	11-05-2009
Aprobación del plan de emergencia:	07-05-2010
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1992
Fecha de recrecimiento:	—

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	PLEIGO
Municipio:	PLEIGO Y MULA
Cuenca hidrográfica:	SEGURA
Provincia:	MURCIA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	629650 - 4205397

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , —
Tipos:	Defensa frente a avenidas , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	209
Aportación media anual (hm3):	11,33
Precipitación media anual (mm):	446
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	693

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	361,71
Altura desde cimientos (m):	45,5
Longitud de coronación (m):	242
Cota cimentación (m):	317,5
Cota del cauce en la presa (m):	322
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	131

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	7,5
Capacidad a NMN (hm3):	,17
Cota del NMN (m):	332,81

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1200
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	37,5

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: RAMBLADEL JUDIO

LUNES, 13 FEBRERO 2012

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	RAMBLADEL JUDIO
Otro Nombre:	—
Rese vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTPDD
Proyectista:	JULIO MUÑOZ BRAVO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	09-02-2011
Aprobación del plan de emergencia:	28-09-2006
Fecha de finalización de las obras:	15-12-1991

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	RAMBLADEL JUDIO
Municipio:	CEIZA
Cuenca hidrográfica:	SEGURA
Provincia:	MURCIA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	637125 - 4238407

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—, —, —
Tipos:	Defensa frente a averías, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	603,540
Aportación media anual (hm ³):	22,160
Precipitación media anual (mm):	200,000
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	923,180

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	246
Altura desde cimientos (m):	48,500
Longitud de coronación (m):	610
Cota cimentación (m):	197,500
Cota del cauce en la presa (m):	208,250
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	175,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	30,570
Capacidad a NMIN (hm ³):	1,800
Cota del NMIN (m):	240,250

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	734,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	72,500

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: RAMBLA DEL MORO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	RAMBLA DEL MORO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	JOSE BAUTISTA MARTIN
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	28-09-2006
Fecha de finalización de las obras:	15-01-1991
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	RAMBLA DEL MORO
Municipio:	CIEZA Y ABARAN
Cuenca hidrográfica:	SEGURA
Provincia:	MURCIA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	643090 - 4232898

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA, , --
Tipos:	Defensa frente a avenidas , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	379,78
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	298,36
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	726,95

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	234,82
Altura desde cimientos (m):	43,3
Longitud de coronación (m):	104
Cota cimentación (m):	191,52
Cota del cauce en la presa (m):	202,67
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	43,89

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	42,5
Capacidad a NMN (hm3):	3,7
Cota del NMN (m):	234

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	2
Capacidad (m3/s):	686,67
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	130,58

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: RODEOS, LOS

LUNES, 13 FEBRERO 2012

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	RODEOS, LOS
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	CARLOS MARCO GARCIA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	28-09-2006
Fecha de finalización de las obras:	01-01-2002

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	MULA
Municipio:	LATORRE DE COTILLAS Y ALGUAZAS
Cuenca hidrográfica:	SEGURA
Provincia:	MURCIA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	649787 - 4212160

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—, —, —
Tipos:	Defensa frente a averidas, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	647,000
Aportación media anual (hm ³):	35,000
Precipitación media anual (mm):	300,000
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	997,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	135
Altura desde cimentación (m):	38,000
Longitud de coronación (m):	295
Cota cimentación (m):	97,000
Cota del cauce en la presa (m):	104,500
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	92,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	158,000
Capacidad a NMIN (hm ³):	15,000
Cota del NMIN (m):	130,000

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	1.096,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	56,800

9. FOTOGRAFÍAS



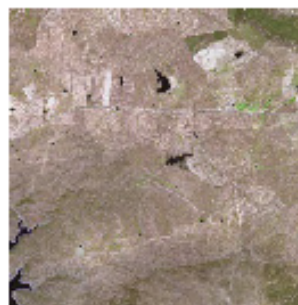


Ficha técnica de la presa: ACEHUCHE

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	ACEHUCHE
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T
Proyectista:	ANDRÉS GONZALEZ MERAS
Categoría en función del riesgo potencial:	C
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1977
Fecha de recrecimiento:	01-12-1992

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ARROYO DE LA GARGANTA
Municipio:	ACEHUCHE
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	194081 - 4412473

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	AYUNTAMIENTO DE ACEHUCHE , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	14,7
Aportación media anual (hm3):	2,44
Precipitación media anual (mm):	571
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	15

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	304
Altura desde cimientos (m):	13,5
Longitud de coronación (m):	188,6
Cota cimentación (m):	290,5
Cota del cauce en la presa (m):	293,5
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	4,592

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	8,5
Capacidad a NMN (hm3):	,16
Cota del NMN (m):	303,5

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	7
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: ALCUESCAR

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	ALCUESCAR
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T
Proyectista:	L. CANALEJO, C. CARBAJO Y M. CRUZ
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1977
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	AYUELA
Municipio:	ALCUESCAR
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	220535 - 4346617

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	Mdad. De Aguas del río Ayuela , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	11,85
Aportación media anual (hm3):	2,98
Precipitación media anual (mm):	689,6
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	13,32

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	,578
Capacidad a NMN (hm3):	2,723
Cota del NMN (m):	442,5

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	444,3
Altura desde cimientos (m):	18,4
Longitud de coronación (m):	551,25
Cota cimentación (m):	425,9
Cota del cauce en la presa (m):	428,8
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	23,773

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	13,3
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1,8

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: ALDEANUEVA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	ALDEANUEVA
Otro Nombre:	AMBROZ
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	J. MIRANDA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	24-11-2008
Aprobación del plan de emergencia:	26-02-2008
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1992
Fecha de recrecimiento:	—

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	AMBROZ
Municipio:	ALDEANUEVA DEL CAMINO
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	249822 - 4461225

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	AYUNTAMIENTO DE ALDEANUEVA DEL CAMINO , AYUNTAMIENTO DE ALDEANUEVA DEL CAMINO , —
Tipos:	Abastecimiento , Regulación ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	136,2
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	485

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	494,5
Altura desde cimientos (m):	15,4
Longitud de coronación (m):	156,61
Cota cimentación (m):	479,1
Cota del cauce en la presa (m):	482,5
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	12,363

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	4,34
Capacidad a NMN (hm3):	116,164
Cota del NMN (m):	490,5

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	471,6
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	31,4

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)

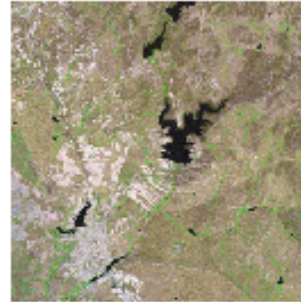


Ficha técnica de la presa: ARROYO DE LA LUZ

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	ARROYO DE LA LUZ
Otro Nombre:	MOLANO
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	J. PEREZ GUERRERO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1992
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	MOLANO
Municipio:	ARROYO DE LA LUZ
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	193573 - 4379151

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	Ayuntamiento de Arroyo de La Luz , , -
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	64,74
Aportación media anual (hm3):	1,7
Precipitación media anual (mm):	598
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	145

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	357,2
Altura desde cimientos (m):	22
Longitud de coronación (m):	545,5
Cota cimentación (m):	335,2
Cota del cauce en la presa (m):	344,2
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	4,838

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	68,93
Capacidad a NMN (hm3):	2,189
Cota del NMN (m):	355

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	141
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	2,9

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: ARROYOS, LOS

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	ARROYOS, LOS
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	A. Y E. ARROYO DIAZ-MERRY
Proyectista:	A. DE JOYA
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1967
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	LADRON
Municipio:	ESCORIAL, EL
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	MADRID
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	411261 - 4493850

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Riego , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	12
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	100

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	839,5
Altura desde cimientos (m):	17,1
Longitud de coronación (m):	300,22
Cota cimentación (m):	822,4
Cota del cauce en la presa (m):	824,8
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	12,82

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	13,02
Capacidad a NMN (hm3):	,6
Cota del NMN (m):	837,5

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	100
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: AYUELA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	AYUELA
Otro Nombre:	CASAS DE DON ANTONIO
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE EXTREMADURA, C.A.C.
Proyectista:	E. GONZALEZ
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1980
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	AYUELA
Municipio:	CASAS DE D.ANTONIO
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	216491 - 4347689

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Riego , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	41
Aportación media anual (hm3):	8,73
Precipitación media anual (mm):	500,8
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	238

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	49,29
Capacidad a NMN (hm3):	1,53
Cota del NMN (m):	402

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	404,7
Altura desde cimientos (m):	17,3
Longitud de coronación (m):	367
Cota cimentación (m):	387,4
Cota del cauce en la presa (m):	389,5
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	13,25

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	238
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	10,95

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: BATÁN, EL

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	BATAN, EL
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	PATRIMONIO NACIONAL
Proyectista:	JOAQUIN GAVALA Y MANUEL CERNUDA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1963
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	BATAN
Municipio:	SAN LORENZO DEL ESCORIAL
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	MADRID
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	401938 - 4492919

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	PATRIMONIO NACIONAL , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	6,33
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	700
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	80,5

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	1007
Altura desde cimientos (m):	27,1
Longitud de coronación (m):	255,6
Cota cimentación (m):	979,9
Cota del cauce en la presa (m):	983
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	34,17

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	460
Capacidad a NMN (hm3):	,37
Cota del NMN (m):	1006,5

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	108
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	3,6

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: BOLARQUE

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	BOLARQUE
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	UNION FENOSA GENERACION S.A.
Proyectista:	EPTISA (RTO)
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	05-10-2005
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1910
Fecha de recrecimiento:	01-01-1984

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	TAJO
Municipio:	PASTRANA Y ALMONAZID DE ZORITA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	GUADALAJARA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	515458 - 4468208

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	UNION FENOSA: C.H. BOLARQUE I Y II .. —
Tipos:	Hidroeléctrico , Riego ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	7430
Aportación media anual (hm3):	1273
Precipitación media anual (mm):	542
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	2000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	510
Capacidad a NMN (hm3):	30,71
Cota del NMN (m):	642

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	643
Altura desde cimientos (m):	36
Longitud de coronación (m):	292
Cota cimentación (m):	607
Cota del cauce en la presa (m):	610
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	160

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1700
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	70

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: BORBOLLON

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa: BORBOLLON
 Otro Nombre: ---
 Fase vida presa: Explotación
 Titular de la presa: ESTADO
 Proyectista: R. CATENA - J. CANADELL
 Categoría en función del riesgo potencial: A
 Aprobación de las normas de explotación: ---
 Aprobación del plan de emergencia: ---
 Fecha de finalización de las obras: 10-05-1954
 Fecha de recrecimiento: ---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa: ARRAGO
 Municipio: SANTIBAÑEZ EL ALTO
 Cuenca hidrográfica: TAJO
 Provincia: CACERES
 Coordenadas UTM 30 - ED 50: 194910 - 4447965

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios: BIERDROLA , MANCOMUNIDAD DE REGANTES DE BORBOLLON Y RIVERA DE GATA , ---
 Tipos: Hidroeléctrico , Riego , Adecuación Ambiental

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2): 340
 Aportación media anual (hm3): 171
 Precipitación media anual (mm): 1235
 Caudal punta avenida de proyecto (m3/s): 1139

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa: Gravedad
 Cota coronación (m): 315,05
 Altura desde cimientos (m): 35
 Longitud de coronación (m): 225
 Cota cimentación (m): 280,05
 Cota del cauce en la presa (m): 291,05
 Volumen del cuerpo presa (1000 m3): 79,8

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha): 890,4
 Capacidad a NMN (hm3): 84,7
 Cota del NMN (m): 313,45

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa: 1
 Capacidad (m3/s): 844
 Regulación: Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa: 1
 Capacidad (m3/s): 26,7

9. FOTOGRAFÍAS



[Píñche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Píñche para ver todos los planos](#)

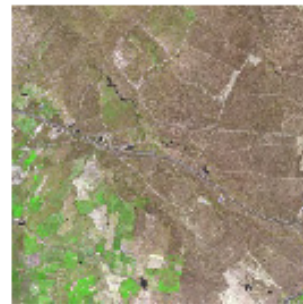


Ficha técnica de la presa: BOYERIL 2, EL

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	BOYERIL 2, EL
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	MARIANO LOPEZ RODRIGUEZ
Proyectista:	E-RODRIGUEZ
Categoría en función del riesgo potencial:	B
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1965
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ARROYO MANCO
Municipio:	CASATEJADA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	274235 - 4419290

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Riego , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	12
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	225
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	117

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	273
Altura desde cimientos (m):	9
Longitud de coronación (m):	62,1
Cota cimentación (m):	264
Cota del cauce en la presa (m):	266,7
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	0

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	10,09
Capacidad a NMN (hm3):	,24
Cota del NMN (m):	272,4

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	12
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS

No existen fotos para la presa seleccionada

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: BROZAS II

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	BROZAS II
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T
Proyectista:	EUROESTUDIOS - HIMEXA
Categoría en función del riesgo potencial:	B
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1959
Fecha de recrecimiento:	01-02-1993

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ARROYO DE LOS PATOS
Municipio:	BROZAS
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	180311 - 4392233

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	AYUNTAMIENTO DE BROZAS , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	7
Aportación media anual (hm3):	1,33
Precipitación media anual (mm):	593
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	28,9

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	396,4
Altura desde cimientos (m):	12,4
Longitud de coronación (m):	557,2
Cota cimentación (m):	384
Cota del cauce en la presa (m):	385
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	11,208

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	12
Capacidad a NMN (hm3):	,86
Cota del NMN (m):	395

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	21,1
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1,46

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: CAMINOMORISCO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	CAMINOMORISCO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE CAMINOMORISCO
Proyectista:	C-CARBAJO
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1985
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ARROYO ALAVEA
Municipio:	CAMINOMORISCO
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	219200 - 4471491

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	Ayuntamiento de Caminomorisco , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	6,2
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	0

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	628
Altura desde cimientos (m):	21
Longitud de coronación (m):	92
Cota cimentación (m):	607
Cota del cauce en la presa (m):	613
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	0

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	---
Capacidad a NMN (hm3):	,1
Cota del NMN (m):	626

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	32
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: CAÑAVERAL

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	CAÑAVERAL
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE CAÑAVERAL
Proyectista:	C-CARBAJO
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1981
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	PIZARROSO
Municipio:	CAÑAVERAL
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	211776 - 4411107

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	2,16
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	0

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	100,5
Altura desde cimientos (m):	16
Longitud de coronación (m):	167,4
Cota cimentación (m):	84,5
Cota del cauce en la presa (m):	0
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	7,34

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	7,87
Capacidad a NMN (hm3):	,34
Cota del NMN (m):	---

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

[Pincha en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: CASTRO, EL

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	CASTRO, EL
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	E. CASTRO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	18-02-2009
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1974
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ALGODOR
Municipio:	VILLAMUELAS
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	TOLEDO
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	435420 - 4404334

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	ESTADO , , ---
Tipos:	Regulación , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	1209
Aportación media anual (hm3):	419
Precipitación media anual (mm):	390
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	960

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	555,5
Altura desde cimientos (m):	35,5
Longitud de coronación (m):	61,8
Cota cimentación (m):	520
Cota del cauce en la presa (m):	528,5
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	24,3

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	98,2
Capacidad a NMN (hm3):	7,6
Cota del NMN (m):	552

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	646
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	27,95

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: CERQUILLA, LA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	CERQUILLA, LA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	FRANCA GIORDANO GRADI
Proyectista:	M.SILVELA TORDESILLAS
Categoría en función del riesgo potencial:	C
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1962
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	JULIAN (ARROYO DE SAN JULIAN)
Municipio:	CALZADA DE OROPESA, LA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	TOLEDO
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	307907 - 4429641

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	FINCA "LA CERQUILLA" , , ---
Tipos:	Riego , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	39
Aportación media anual (hm3):	4
Precipitación media anual (mm):	651
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	39

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	310,24
Altura desde cimientos (m):	5,9
Longitud de coronación (m):	68,22
Cota cimentación (m):	304,25
Cota del cauce en la presa (m):	305,37
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	0

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	7,9
Capacidad a NMN (hm3):	,137
Cota del NMN (m):	306,75

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	2
Capacidad (m3/s):	36,5
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1,25

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: CUMBRE, LA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	CUMBRE, LA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE LA CUMBRE
Proyectista:	L-CANALEJO
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1970
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	MAGASQUILLA (ARROYO MAGASQUILLA)
Municipio:	CUMBRE, LA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	247460 - 4365485

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	18,57
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	600
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	65

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	5,98
Capacidad a NMN (hm3):	,18
Cota del NMN (m):	---

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	473,5
Altura desde cimientos (m):	14,15
Longitud de coronación (m):	142,14
Cota cimentación (m):	459,35
Cota del cauce en la presa (m):	463,85
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	4,88

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	65
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

No existen fotos para la presa seleccionada

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: GARGANTA DE LA OLIVA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	GARGANTA DE LA OLIVA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE OLIVA DE PLASENCIA
Proyectista:	M. CRUZ SAGREDO
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1977
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	OLIVA (GARGANTA DE LA OLIVA)
Municipio:	OLIVA DE PLASENCIA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	240580 - 4445645

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	AYUNTAMIENTO DE OLIVA DE PLASENCIA , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	5,1
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	19

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	4,3
Capacidad a NMN (hm3):	,21
Cota del NMN (m):	---

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	407,35
Altura desde cimientos (m):	17,72
Longitud de coronación (m):	154,85
Cota cimentación (m):	389,63
Cota del cauce en la presa (m):	391,63
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	7,28

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	19
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)

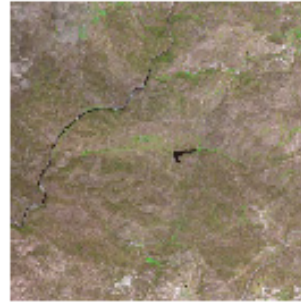


Ficha técnica de la presa: HELECHAL

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	HELECHAL
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	HERMANOS NAVARRO BALLESTERO
Proyectista:	ENRIQUE RODRIGUEZ SALINAS PALERO
Categoría en función del riesgo potencial:	C
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1965
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ARROYO HELECHAL
Municipio:	ALCANTARA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	166075 - 4418651

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Acucultura , Riego ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	11,36
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	187
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	63,525

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	4,85
Capacidad a NMN (hm3):	,149
Cota del NMN (m):	250,1

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	251,7
Altura desde cimientos (m):	10,6
Longitud de coronación (m):	137
Cota cimentación (m):	241,1
Cota del cauce en la presa (m):	243,1
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	0

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	40
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: JETREROS / SALORINO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	JETREROS / SALORINO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE SALORINO
Proyectista:	L-CANALEJO, C. CARBAJO Y M. CRUZ
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1977
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	JETREROS
Municipio:	SALORINO
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	149321 - 4377199

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	Ayts. De Membrío, Salorino y Herreruela. , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	4,95
Aportación media anual (hm3):	1
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	19

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	7,4
Capacidad a NMN (hm3):	,4
Cota del NMN (m):	390

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	391,7
Altura desde cimientos (m):	17,11
Longitud de coronación (m):	230,7
Cota cimentación (m):	374,59
Cota del cauce en la presa (m):	377,59
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	6,66

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	77
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)

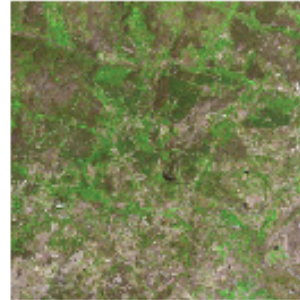


Ficha técnica de la presa: MINCHONES (AZUD)

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	MINCHONES (AZUD)
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	COMUNIDAD DE REGANTES DE MINCHONES
Proyectista:	A. FRADE GIL
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1983
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	GARGANTA DE MINCHONES
Municipio:	VILLANUEVA DE LA VERA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	294950 - 4448940

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	Comunidad de Regantes de Minchones
Tipos:	Riego , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	55,3
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	100

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	393
Altura desde cimientos (m):	18
Longitud de coronación (m):	61
Cota cimentación (m):	374,5
Cota del cauce en la presa (m):	378
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	8,1

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	2,8
Capacidad a NMN (hm3):	,11
Cota del NMN (m):	388,5

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	430
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: MORALES, LOS

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	MORALES, LOS
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	J.L. NISTAL
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	07-10-2010
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1988
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	MORALES
Municipio:	ROZAS DE PUERTO REAL
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	MADRID
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	371008 - 4463902

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	COMUNIDAD DE MADRID , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	7,41
Aportación media anual (hm3):	5
Precipitación media anual (mm):	880
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	71,2

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	804
Altura desde cimientos (m):	27
Longitud de coronación (m):	201
Cota cimentación (m):	777
Cota del cauce en la presa (m):	782
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	27

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	32,67
Capacidad a NMN (hm3):	2,34
Cota del NMN (m):	802

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	30
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	3,85

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: NAVALCAN

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	NAVALCAN
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	C-CALVIN
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	14-10-2010
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1977
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	GUADYERBAS
Municipio:	NAVALCAN
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	TOLEDO
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	317150 - 4435990

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	REGOS DEL TIÉTAR , MUNICIPIOS DE CAMPANA DE OROPESA (RESERVA PARA ABASTECIMIENTO) , PARRILLAS
Tipos:	Riego , Abastecimiento , Abastecimiento

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	359
Aportación media anual (hm3):	73,9
Precipitación media anual (mm):	681,6
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	515

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	746,2
Capacidad a NMN (hm3):	33,917
Cota del NMN (m):	370

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	372
Altura desde cimientos (m):	25
Longitud de coronación (m):	190
Cota cimentación (m):	347
Cota del cauce en la presa (m):	352,5
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	23,25

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	720
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	16,54

9. FOTOGRAFÍAS

10. PLANOS



Ficha técnica de la presa: NAVALMEDIO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	NAVALMEDIO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	CANAL DE ISABEL II
Proyectista:	J. GAVALA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	03-03-2009
Aprobación del plan de emergencia:	19-10-2004
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1968
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	NAVALMEDIO
Municipio:	CERCEDILLA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	MADRID
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	412408 - 4511416

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	COMUNIDAD DE MADRID: CANAL DE ISABEL II , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	9
Aportación media anual (hm3):	4,5
Precipitación media anual (mm):	1300
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	80

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	1290
Altura desde cimientos (m):	41
Longitud de coronación (m):	170
Cota cimentación (m):	1249
Cota del cauce en la presa (m):	1254
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	56,219

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	7,5
Capacidad a NMN (hm3):	,714
Cota del NMN (m):	1289

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	160
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	9

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: NAVALPERAL DE PINARES

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	NAVALPERAL DE PINARES
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE NAVALPERAL
Proyectista:	E-CASTRO
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1980
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	MALLO (ARROYO MALLO)
Municipio:	NAVALPERAL DE PINARES
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	AVILA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	375453 - 4495443

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	AYUNTAMIENTO DE NAVALPERAL DE PINARES , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	6
Aportación media anual (hm3):	2
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	17

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	1337
Altura desde cimentos (m):	20,85
Longitud de coronación (m):	120,5
Cota cimentación (m):	1316,35
Cota del cauce en la presa (m):	1321
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	7,77

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	8,6
Capacidad a NMN (hm3):	,41
Cota del NMN (m):	---

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	29
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: NIEVES, LAS

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	NEVES, LAS
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	CANAL DE ISABEL II
Proyectista:	E. CUADRADO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	05-06-2007
Aprobación del plan de emergencia:	19-10-2004
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1977
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	GUADARRAMA
Municipio:	GALAPAGAR
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	MADRID
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	416572 - 4495794

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	COMUNIDAD DE MADRID: CANAL DE ISABEL II , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	261,5
Aportación media anual (hm ³):	115,9
Precipitación media anual (mm):	1019
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	650

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	856
Altura desde cimientos (m):	12,5
Longitud de coronación (m):	105
Cota cimentación (m):	843,5
Cota del cauce en la presa (m):	845
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	5,831

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	5,1
Capacidad a NMN (hm ³):	,222
Cota del NMN (m):	852,4

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	586,6
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	38,5

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: PESQUEZA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	PESQUEZA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE PESQUEZA
Proyectista:	E.GONZALEZ
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1980
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	TORRUCA
Municipio:	PESQUEZA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	188377 - 4425678

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	2,4
Aportación media anual (hm3):	1
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	14

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	324
Altura desde cimientos (m):	10
Longitud de coronación (m):	144
Cota cimentación (m):	314
Cota del cauce en la presa (m):	317
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	2,24

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	1,84
Capacidad a NMN (hm3):	,03
Cota del NMN (m):	---

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	14
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

No existen fotos para la presa seleccionada

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: PINOFRANQUEADO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	PINOFRANQUEADO
Otro Nombre:	LOS ANGELES
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T
Proyectista:	---
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-09-1997
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	LOS ANGELES
Municipio:	PINOFRANQUEADO
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	208685 - 4465036

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	AYUNTAMIENTO DE PINOFRANQUEADO , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	13,97
Aportación media anual (hm3):	5,563
Precipitación media anual (mm):	1144
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	107,34

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	543
Altura desde cimientos (m):	21,5
Longitud de coronación (m):	108,1
Cota cimentación (m):	521,5
Cota del cauce en la presa (m):	525,5
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	11,194

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	13,4
Capacidad a NMN (hm3):	,592
Cota del NMN (m):	540,5

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	107,34
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	2,228

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)

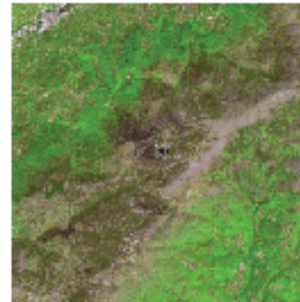


Ficha técnica de la presa: PIORNAL, EL

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	PIORNAL, EL
Otro Nombre:	PEÑA NEGRA
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE PIORNAL
Proyectista:	C.CARBAJO
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1983
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	BURGULLO
Municipio:	PIORNAL
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	261650 - 4448500

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	,5
Aportación media anual (hm3):	1
Precipitación media anual (mm):	1557
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	0

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	1,98
Capacidad a NMN (hm3):	,08
Cota del NMN (m):	---

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	1404,9
Altura desde cimientos (m):	15
Longitud de coronación (m):	224,65
Cota cimentación (m):	1389,9
Cota del cauce en la presa (m):	1393
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	7,96

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	4
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: PIZARROSO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	PIZARROSO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE VALDELACASA
Proyectista:	C.CARBAJO
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1983
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	PIZARROSO
Municipio:	VALDELACASA DE TAJO
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	307991 - 4398908

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Abastecimiento , Riego ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	48
Aportación media anual (hm3):	15
Precipitación media anual (mm):	651
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	0

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	438,9
Altura desde cimientos (m):	18,9
Longitud de coronación (m):	137,9
Cota cimentación (m):	420
Cota del cauce en la presa (m):	422
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	9,39

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	13,2
Capacidad a NMN (hm3):	,67
Cota del NMN (m):	---

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	96
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: PORTAJE

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	PORTAJE
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	J.L. MIRANDA - INCISA
Categoría en función del riesgo potencial:	B
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1986
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	RIVERA DE FRESNEDOSA
Municipio:	PORTAJE, TORREJONCILLO
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	196977 - 4422221

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	ZONA REGABLE DE LA RIVERA DE FRESNEDOSA , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	99,1
Aportación media anual (hm3):	15,7
Precipitación media anual (mm):	627
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	194

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	372,7
Capacidad a NMN (hm3):	22,8
Cota del NMN (m):	301

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	304,4
Altura desde cimientos (m):	30,06
Longitud de coronación (m):	369
Cota cimentación (m):	274,34
Cota del cauce en la presa (m):	277,33
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	50

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	72
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	48,5

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: REY, DEL

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	REY, DEL
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	J.L. MIRANDA
Categoría en función del riesgo potencial:	C
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1971
Fecha de recrecimiento:	—

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	JARAMA
Municipio:	RIVAS-VACIAMADRID
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	MADRID
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	453964 - 4461241

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	ESTADO (ZONA REGABLE DE LA REAL ACÉQUIA DEL JARAMA) , , —
Tipos:	Riego , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	8800
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	2880

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	526,64
Altura desde cimientos (m):	11
Longitud de coronación (m):	110,47
Cota cimentación (m):	515,64
Cota del cauce en la presa (m):	520,26
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	60,7

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	7,5
Capacidad a NMN (hm3):	,5
Cota del NMN (m):	523,89

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	2000
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	2
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: RIOSEQUILLO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	RIOSEQUILLO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	CANAL DE ISABEL II
Proyectista:	J.M. AUGUSTIN Y A. BIELSA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	31-05-2004
Aprobación del plan de emergencia:	15-04-2004
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1996
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	LOZOYA
Municipio:	BUITRAGO DE LOZOYA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	MADRID
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	445318 - 4537312

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	COMUNIDAD DE MADRID: CANAL DE ISABEL II, MINICENTRAL ELÉCTRICA, ---
Tipos:	Abastecimiento , Hidroeléctrico ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	380
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	950
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	300

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	326
Capacidad a NMN (hm3):	48,52
Cota del NMN (m):	1005

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	1010,45
Altura desde cimientos (m):	56
Longitud de coronación (m):	1060,26
Cota cimentación (m):	954,45
Cota del cauce en la presa (m):	960,45
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	203

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	386
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	2
Capacidad (m3/s):	231

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)

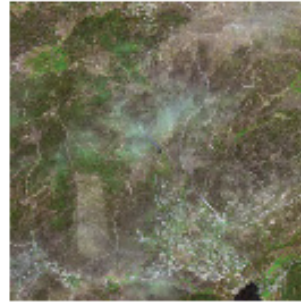


Ficha técnica de la presa: ROBLEDO DE CHAVELA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	ROBLEDO DE CHAVELA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE ROBLEDO DE CHAVELA
Proyectista:	J-GRANDA
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1968
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	COFIO
Municipio:	VALDEMAQUEDA Y STA. M ^ª DE LA ALAMEDA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	MADRID
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	393191 - 4488073

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	Ayuntamiento de Robledo de Chavela , , , , ,
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	176
Aportación media anual (hm ³):	37,6
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	420

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	4,24
Capacidad a NMN (hm ³):	,2
Cota del NMN (m):	882,5

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	886,7
Altura desde cimientos (m):	22,7
Longitud de coronación (m):	82,9
Cota cimentación (m):	864
Cota del cauce en la presa (m):	869
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	10,17

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	420
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	0

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: ROSARITO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	ROSARITO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	F. PEREZ DE LA TORRE
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1958
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	TIÉTAR
Municipio:	OROPESA, CANDELEDA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	TOLEDO
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	302082 - 4442874

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	ESTADO/ZONA REGABLE DEL TIÉTAR ,, ---
Tipos:	Riego , Hidroeléctrico ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	1754
Aportación media anual (hm3):	824
Precipitación media anual (mm):	1043
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	1779

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	308,8
Altura desde cimientos (m):	37,5
Longitud de coronación (m):	123,35
Cota cimentación (m):	271,3
Cota del cauce en la presa (m):	283,7
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	63

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	1390,5
Capacidad a NMN (hm3):	81,93
Cota del NMN (m):	307,8

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1560
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	150

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: TALAVAN

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	TALAVAN
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T
Proyectista:	L. CANALEJO, C. CARBAJO, M. CRUZ
Categoría en función del riesgo potencial:	C
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1977
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ARROYO TALAVAN
Municipio:	HINOJAL
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	215664 - 4396785

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	Mancomunidad (Talaván, Hinojal, Santiago) , , ---
Tipos:	Abastecimiento , Riego ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	62
Aportación media anual (hm3):	17
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	121

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	42,19
Capacidad a NMN (hm3):	1,165
Cota del NMN (m):	360

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	362,25
Altura desde cimientos (m):	14,85
Longitud de coronación (m):	279,85
Cota cimentación (m):	347,4
Cota del cauce en la presa (m):	350,65
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	10

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	121
Regulación:	No. Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: TORREJON EL RUBIO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	TORREJON EL RUBIO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE TORREJON
Proyectista:	F-GONZALEZ RAMIREZ
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1977
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	PUEBLO (ARROYO EL PUEBLO)
Municipio:	TORREJON EL RUBIO
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	242475 - 4406834

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	22,4
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	500
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	65

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	7,6
Capacidad a NMN (hm3):	,15
Cota del NMN (m):	---

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	305
Altura desde cimientos (m):	10,6
Longitud de coronación (m):	296
Cota cimentación (m):	294,4
Cota del cauce en la presa (m):	296,4
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	3,36

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	65
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	0
Capacidad (m3/s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: TORREJON TAJO

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	TORREJON TAJO
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	BERDROLA GENERACION S.A.
Proyectista:	M-CASTILLO Y D. MARTINEZ
Categoría en función del riesgo potencial:	B
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1966
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	TAJO
Municipio:	TORIL, TORREJON EL RUBIO
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	244440 - 4413745

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	BERDROLA , , ---
Tipos:	Hidroeléctrico , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	37073
Aportación media anual (hm3):	0
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	5070

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	1007
Capacidad a NMN (hm3):	166
Cota del NMN (m):	243,5

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	247,15
Altura desde cimientos (m):	62
Longitud de coronación (m):	300
Cota cimentación (m):	185,15
Cota del cauce en la presa (m):	193
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	248

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	5600
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	200

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: TORREJON TIETAR

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	TORREJON TIETAR
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	BERDROLA GENERACION S.A.
Proyectista:	M-CASTILLO Y D. MNEZ. BOUDES
Categoría en función del riesgo potencial:	C
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1967
Fecha de recrecimiento:	—

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	TIETAR
Municipio:	SERRADILLA, TORIL
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	244270 - 4414780

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	BERDROLA , , —
Tipos:	Hidroeléctrico , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	4436
Aportación media anual (hm3):	1734,5
Precipitación media anual (mm):	0
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	2668

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	220
Capacidad a NMN (hm3):	12
Cota del NMN (m):	222

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	224
Altura desde cimientos (m):	34
Longitud de coronación (m):	230
Cota cimentación (m):	190
Cota del cauce en la presa (m):	198
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	75

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	3000
Regulación:	Compuertas.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	1300

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: TORREMOCHA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	TORREMOCHA
Otro Nombre:	GALLO, EL
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE EXTREMADURA, C.A.C.
Proyectista:	E-GONZALEZ
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1979
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	SALOR
Municipio:	TORREMOCHA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	223724 - 4360007

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	, , ---
Tipos:	Riego , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	99,27
Aportación media anual (hm3):	22,1
Precipitación media anual (mm):	520
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	207

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	16
Capacidad a NMN (hm3):	,72
Cota del NMN (m):	424,4

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	426,2
Altura desde cimientos (m):	19,45
Longitud de coronación (m):	179,7
Cota cimentación (m):	406,75
Cota del cauce en la presa (m):	410
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	11,658

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	207
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	7,62

9. FOTOGRAFÍAS



[Pincha en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pincha para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: TRES TORRES

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	TRES TORRES
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE EXTREMADURA, C.O.P.T
Proyectista:	L. CANALEJO
Categoría en función del riesgo potencial:	B
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1973
Fecha de recrecimiento:	01-01-1993

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ZORITA (ARROYO ZORITA)
Municipio:	TORREMOCHA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	221143 - 4356939

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	MANCOMUNIDAD DE AGUAS LAS TRES TORRES , , ---
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	12,1
Aportación media anual (hm3):	1,94
Precipitación media anual (mm):	558
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	63

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	436,5
Altura desde cimientos (m):	18,3
Longitud de coronación (m):	365,7
Cota cimentación (m):	418,2
Cota del cauce en la presa (m):	423,1
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	11,14

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	30
Capacidad a NMN (hm3):	1,03
Cota del NMN (m):	434,8

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	63,1
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	3,06

9. FOTOGRAFÍAS



[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: VILLANUEVA DE LA VERA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	VILLANUEVA DE LA VERA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	C-CARBAJO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1968
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	GARGANTA DE GUALTAMINOS
Municipio:	VILLANUEVA DE LA VERA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	290560 - 4446980

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	AYUNTAMIENTO DE VILLANUEVA DE LA VERA, , --
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	12,3
Aportación media anual (hm ³):	9,056
Precipitación media anual (mm):	1404
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	46,97

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	596
Altura desde cimientos (m):	28,5
Longitud de coronación (m):	114,2
Cota cimentación (m):	569,5
Cota del cauce en la presa (m):	576
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	19,5

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	2,268
Capacidad a NMN (hm ³):	,147
Cota del NMN (m):	594

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	46,97
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	5,2

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: VILLAR DE PLASENCIA

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	VILLAR DE PLASENCIA
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	MÁXIMO CRUZ SAGREDO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1988
Fecha de recrecimiento:	---

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	GARGANTA DE LA OLIVA
Municipio:	VILLAR PLASENCIA
Cuenca hidrográfica:	TAJO
Provincia:	CACERES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	242961 - 4446811

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	Ayuntamiento de Villar de Plasencia , , -
Tipos:	Abastecimiento , ,

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km2):	3,4
Aportación media anual (hm3):	4,58
Precipitación media anual (mm):	1289,8
Caudal punta avenida de proyecto (m3/s):	14

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	,932
Capacidad a NMN (hm3):	,055
Cota del NMN (m):	611,7

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	617,5
Altura desde cimientos (m):	19,85
Longitud de coronación (m):	104,5
Cota cimentación (m):	592,7
Cota del cauce en la presa (m):	595,7
Volumen del cuerpo presa (1000 m3):	9,59

7. DATOS DEL ALIVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	16,48
Regulación:	No, Labio fijo.

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m3/s):	0

9. FOTOGRAFÍAS

[Pinche en la imagen para ver la galería fotográfica](#)

10. PLANOS

[Pinche para ver todos los planos](#)



Ficha técnica de la presa: GORCH-BLAU

VERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	GORCH-BLAU
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	CDAD. BALEARES
Proyectista:	MPASCUAL - EPTISA
Categoría en función del riesgo potencial:	—
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1971

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	GORCH BLAU
Municipio:	ESCORCA
Cuenca hidrográfica:	BALEARES
Provincia:	BALEARES
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	999107 - 4423261

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—, —, —
Tipos:	Abastecimiento, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	6,500
Aportación media anual (hm ³):	—
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	93,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Arcos Gravedad
Cota coronación (m):	613
Altura desde cimientos (m):	50,000
Longitud de coronación (m):	45
Cota cimentación (m):	563,000
Cota del cauce en la presa (m):	575,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	8,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	59,900
Capacidad a NMIN (hm ³):	6,920
Cota del NMIN (m):	—

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	76,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	—
Capacidad (m ³ /s):	—

9. FOTOGRAFÍAS



Ficha técnica de la presa: AÑARBE

JUEVES, 13 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	AÑARBE
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	MANCOMUNIDAD DE AGUAS DELAÑARBE
Proyectista:	J. ZUAZOLAYM ECHANIZ
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	22-04-2009
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1976

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	AÑARBE
Municipio:	ARANO
Cuenca hidrográfica:	CANTÁBRICO
Provincia:	GUIPÚZCOA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	591470 - 4785190

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	MANCOMUNIDAD DE AGUAS DELAÑARBE, ---
Tipos:	Abastecimiento, ---, ---

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	62,900
Aportación media anual (hm ³):	1,438,000
Precipitación media anual (mm):	1,438,000
Caudal punta averda de proyecto (m ³ /s):	300,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Arco Gravedad
Cota coronación (m):	164
Altura desde cimientos (m):	79,500
Longitud de coronación (m):	255
Cota cimentación (m):	84,000
Cota del cauce en la presa (m):	92,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	297,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	201,000
Capacidad a NMIN (hm ³):	43,650
Cota del NMIN (m):	160,000

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuerta TANTOR
Capacidad (m ³ /s):	593,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	2
Capacidad (m ³ /s):	63,300

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa:ARRIARAN

JUEVES, 13 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	ARRIARAN
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	CONSORCIO DE AGUAS DE GUIPUZCOA
Proyectista:	J.M. ELOSEGUI
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1993

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ARRIARAN (ORIA)
Municipio:	BEASAIN
Cuenca hidrográfica:	CANTABRICO
Provincia:	GUIPUZCOA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	562020 - 4768998

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	ZONA DEL GOHERRI, —, —
Tipos:	Abastecimiento, Regulación, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	7,530
Aportación media anual (hm ³):	10,000
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	70,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	287
Altura desde cimientos (m):	57,000
Longitud de coronación (m):	200
Cota cimentación (m):	230,000
Cota del cauce en la presa (m):	236,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	110,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	18,000
Capacidad a NMN (hm ³):	3,200
Cota del NMN (m):	—

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	57,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	15,000

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: ARTIKUTZA

JUEVES, 13 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	ARTIKUTZA
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE SAN SEBASTIAN
Proyectista:	J.ZUAZOLA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1962

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Rio en el que se encuentra la presa:	ENXEBETA
Municipio:	GOZUETA
Cuenca hidrográfica:	CANTABRICO
Provincia:	NAVARRA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	597900 - 4785395

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	AVTO SAN SEBASTIAN, —, —
Tipos:	Abastecimiento, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	6,200
Aportación media anual (hm ³):	10,600
Precipitación media anual (mm):	2,500,000
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	45,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	357
Altura desde cimientos (m):	42,700
Longitud de coronación (m):	180
Cota cimentación (m):	314,420
Cota del cauce en la presa (m):	320,160
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	38,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	21,000
Capacidad a NMN (hm ³):	2,700
Cota del NMN (m):	347,500

7. DATOS DEL ALIVADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	46,120

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	15,000

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: SALIME

JUEVES, 13 OCTUBRE 201

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SALIME
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	SALTOS DE NANA EN COMUNIDAD S.A
Proyectista:	EPTISA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	15-11-2007
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1956

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	NANSA
Municipio:	GRANDAS DE SALIME
Cuenca hidrográfica:	CANTÁBRICO
Provincia:	ASTURIAS
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	187387 - 4794430

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	SALTOS DEL NANSA, —, —
Tipos:	Hidroléctrico, Regulación, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	1.805,000
Aportación media anual (hm ³):	1.558,000
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta averda de proyecto (m ³ /s):	—

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Arco Gravedad
Cota coronación (m):	226
Altura desde cimientos (m):	128,000
Longitud de coronación (m):	250
Cota cimentación (m):	97,670
Cota del cauce en la presa (m):	107,670
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	645,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	685,000
Capacidad a NMIN (hm ³):	265,600
Cota del NMIN (m):	224,500

7. DATOS DEL ALIVADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuertas.
Capacidad (m ³ /s):	2.000,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	120,000

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: COLOMERS

JUEVES, 13 OCTUBRE 201

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	COLOMERS
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Puesta en Carga
Titular de la presa:	AGENCIACATALANADELAGUA
Proyectista:	---
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	01-12-1967

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	TER
Municipio:	COLOMERS
Cuenca hidrográfica:	CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA
Provincia:	GERONA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	996004 - 4675791

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	---
Tipos:	Riego, ---

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	3,000
Aportación media anual (hm ³):	919,000
Precipitación media anual (mm):	600,000
Caudal punta averida de proyecto (m ³ /s):	2,000,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	70,000
Capacidad a NMN (hm ³):	1,100
Cota del NMN (m):	23,800

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	30
Altura desde cimientos (m):	14,500
Longitud de coronación (m):	103
Cota cimentación (m):	15,500
Cota del cauce en la presa (m):	18,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	20,265

7. DATOS DEL ALMADRIDO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuerta TANTOR
Capacidad (m ³ /s):	2,200,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	---
Capacidad (m ³ /s):	---

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: SANT PONC (SAN PONS)

JUEVES , 13 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SANT PONC (SAN PONS)
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AGENCIA CATALANA DEL AGUA
Proyectista:	JOSE BRULL GAS, J.M. COMPTE
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	19-12-1957

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	EL CARDENER
Municipio:	CLARINA DE CARDENER
Cuenca hidrográfica:	CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA
Provincia:	LLEIDA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	882025 - 4656011

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—
Tipos:	Riego, Abastecimiento, Hidroeléctrico

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	317,500
Aportación media anual (km ³):	435,000
Precipitación media anual (mm):	700,000
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	435,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	532
Altura desde cimientos (m):	59,500
Longitud de coronación (m):	311
Cota cimentación (m):	472,000
Cota del cauce en la presa (m):	485,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	195,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	144,470
Capacidad a NMIN (km ³):	24,330
Cota del NMIN (m):	530,000

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuertas.
Capacidad (m ³ /s):	733,800

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	2
Capacidad (m ³ /s):	85,460

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: URBIETA

JUEVES, 13 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	URBIETA
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	IBERDROLA GENERACION S.A.
Proyectista:	AGURRE
Categoría en función del riesgo potencial:	—
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1974

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	URBIETA
Municipio:	MUNGIA
Cuenca hidrográfica:	CUENCAS INTERNAS PAIS VASCO
Provincia:	VIZCAYA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	510904 - 4809002

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—, —, —
Tipos:	Industrial, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	2,000
Aportación media anual (hm ³):	—
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	27,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	7,000
Capacidad a NMIN (hm ³):	0,550
Cota del NMIN (m):	—

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	45
Altura desde cimientos (m):	34,000
Longitud de coronación (m):	145
Cota cimentación (m):	11,000
Cota del cauce en la presa (m):	19,500
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	35,600

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de almaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	24,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	—
Capacidad (m ³ /s):	—

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: SAN COSMADE

JUEVES, 13 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SAN COSMADE
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	UNION FENOSAGENERACION S.A.
Proyectista:	R-HOYO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1979

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	PORTIGA(PORTIGADE VILLASENIN)
Municipio:	ORDES
Cuenca hidrográfica:	GALICIA-COSTA
Provincia:	LACORUNA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	58468 - 4792391

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—, —, —
Tipos:	Industrial, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	12,000
Aportación media anual (hm ³):	—
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	100,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	361
Altura desde cimientos (m):	18,000
Longitud de coronación (m):	372
Cota cimentación (m):	343,500
Cota del cauce en la presa (m):	361,770
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	9,540

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	37,600
Capacidad a NMN (hm ³):	1,400
Cota del NMN (m):	—

7. DATOS DEL ALJIVADERO

Número total de aljivaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	93,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	—
Capacidad (m ³ /s):	—

9. FOTOGRAFÍAS



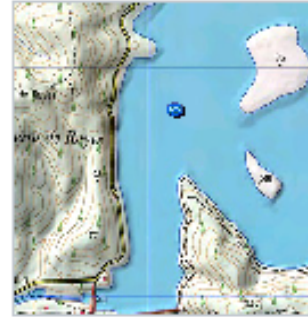
Ficha técnica de la presa: CELEMIN (ALMADERO)

JUEVES, 13 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	CELEMIN (ALMADERO)
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE ANDALUCÍA
Proyectista:	C. GLEZ-GAGGERO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1974

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	CELEMIN
Municipio:	MEDINA-SIDONIA
Cuenca hidrográfica:	GUADALETE Y BARBATE
Provincia:	CADIZ
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	251076 - 4021505

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—, —, —
Tipos:	Riego, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	96,000
Aportación media anual (hm ³):	—
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta averda de proyecto (m ³ /s):	598,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	35
Altura desde cimentación (m):	25,000
Longitud de coronación (m):	115
Cota cimentación (m):	10,000
Cota del cauce en la presa (m):	11,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	33,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	472,500
Capacidad a NMIN (hm ³):	43,000
Cota del NMIN (m):	29,500

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	598,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	—

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: BEMBEZAR (DERIVACION)

VIERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	BEMBEZAR (DERIVACION)
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE ANDALUCÍA, AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA
Proyectista:	J. BOLLO, J.A. VIGUERAS
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1961

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	BEMBEZAR
Municipio:	HORNACHUELOS
Cuenca hidrográfica:	GUADALQUIVR
Provincia:	CORDOBA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	303230 - 4188934

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—, —, —
Tipos:	Derivación, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	110,000
Aportación media anual (km ³):	13,000
Precipitación media anual (mm):	729,000
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	1.806,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	114,000
Capacidad a NMIN (km ³):	12,010
Cota del NMIN (m):	96,800

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	98
Altura desde cimientos (m):	37,000
Longitud de coronación (m):	182
Cota cimentación (m):	60,500
Cota del cauce en la presa (m):	65,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	72,000

7. DATOS DEL ALVIADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuertas.
Capacidad (m ³ /s):	1.500,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	14,500

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: BERMEJALES, LOS (DERIVACION)

VERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	BERMEJALES, LOS (DERIVACION)
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE ANDALUCIA, AGENCIA ANDALUZA DE LA AGUA
Proyectista:	J.L. FERNANDEZ MURID - J.A.M. RIERA RICO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1974

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ALHAMA
Municipio:	ALHAMA DE GRANADA
Cuenca hidrográfica:	GUADALQUIVR
Provincia:	GRANADA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	412465 - 4094155

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	---
Tipos:	Derivación, ---

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	68,150
Aportación media anual (hm ³):	34,000
Precipitación media anual (mm):	1.235,000
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	177,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	13,950
Capacidad a NMN (hm ³):	0,380
Cota del NMN (m):	---

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	883
Altura desde cimientos (m):	16,000
Longitud de coronación (m):	135
Cota cimentación (m):	867,400
Cota del cauce en la presa (m):	873,600
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	---

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	589,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	---
Capacidad (m ³ /s):	---

9. FOTOGRAFÍAS



Ficha técnica de la presa: CANTILLANA

VERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	CANTILLANA
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ENDESAGENERACIÓN, S.A.- U.PH. SUR
Proyectista:	C-MENDOZAY SAEZ DE A
Categoría en función del riesgo potencial:	C
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1956

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	GUADALQUIVR
Municipio:	CANTILLANA
Cuenca hidrográfica:	GUADALQUIVR
Provincia:	SEVILLA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	252655 - 4164393

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	ENDESAGENERACIÓN, S.A.- UPH SUR, —, —
Tipos:	Hidroeléctrico, Riego, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	45.000,000
Aportación media anual (hm ³):	—
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta averda de proyecto (m ³ /s):	8.000,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	580,000
Capacidad a NMN (hm ³):	7,770
Cota del NMN (m):	17,200

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	23
Altura desde cimentación (m):	23,000
Longitud de coronación (m):	200
Cota cimentación (m):	0,100
Cota del cauce en la presa (m):	4,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	27,800

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuertas.
Capacidad (m ³ /s):	8.000,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	—
Capacidad (m ³ /s):	—

9. FOTOGRAFÍAS



Ficha técnica de la presa: DAÑADOR

VERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	DAÑADOR
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE ANDALUCÍA, AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA
Proyectista:	J. M. ALMENDRAL
Categoría en función del riesgo potencial:	C
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1965

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	DAÑADOR
Municipio:	MONTEZÓN
Cuenca hidrográfica:	GUADALQUIVR
Provincia:	JAÉN
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	496871 - 4250546

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—, —, —
Tipos:	Abastecimiento, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	62,500
Aportación media anual (hm ³):	8,000
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	200,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	717
Altura desde cimientos (m):	35,400
Longitud de coronación (m):	116
Cota cimentación (m):	681,300
Cota del cauce en la presa (m):	689,800
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	30,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	68,000
Capacidad a NMN (hm ³):	4,000
Cota del NMN (m):	713,700

7. DATOS DEL ALIVADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	256,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	4,500

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: MINILLA, LA

VIERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	MINILLA, LA
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	EMPRESA
Proyectista:	AYUNTAMIENTO DE SEVILLA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	21-02-2006
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1956

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	RIVERA DE HUELVA
Municipio:	GARROBO, EL
Cuenca hidrográfica:	GUADALQUIVR
Provincia:	SEVILLA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	219573 - 4173541

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—, —, —
Tipos:	Abastecimiento, Hidroeléctrico, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	1.032,000
Aportación media anual (hm ³):	—
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	—

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	160
Altura desde cimientos (m):	61,550
Longitud de coronación (m):	257
Cota cimentación (m):	98,450
Cota del cauce en la presa (m):	106,950
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	—

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	363,000
Capacidad a NMIN (hm ³):	53,300
Cota del NMIN (m):	157,500

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuertas.
Capacidad (m ³ /s):	1.584,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	20,000

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: PEÑAFLOR

VERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	PEÑAFLOR
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	JUNTA DE ANDALUCÍA, AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA
Proyectista:	ALOPEZ
Categoría en función del riesgo potencial:	C
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1983

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	GUADALQUIVR
Municipio:	PEÑAFLOR
Cuenca hidrográfica:	GUADALQUIVR
Provincia:	SEVILLA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	294980 - 4174370

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—, —, —
Tipos:	Derivación, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	133,000
Aportación media anual (hm ³):	—
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	10.263,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	53
Altura desde cimientos (m):	19,700
Longitud de coronación (m):	236
Cota cimentación (m):	33,000
Cota del cauce en la presa (m):	37,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	—

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	—
Capacidad a NMIN (hm ³):	3,000
Cota del NMIN (m):	43,000

7. DATOS DEL ALIVADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuertas.
Capacidad (m ³ /s):	6.500,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	—
Capacidad (m ³ /s):	—

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: RETORTILLO

VIERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	RETORTILLO
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Título de la presa:	JUNTA DE ANDALUCÍA AGENCIA ANDALUZA DE AGUA
Proyectista:	J.A. VIGUERAS Y MA. RUÍZ AZUA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	01-01-1970

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	RETORTILLO
Municipio:	HORNACHUELOS, PUEBLA DE INFANTES
Cuenca hidrográfica:	GUADALQUIVIR
Provincia:	CORDOBA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	293165 - 4191105

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—, —, —
Tipos:	Abastecimiento, Riego, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	311,000
Aportación media anual (km ³):	61,000
Precipitación media anual (mm):	752,000
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	696,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	189
Altura desde cimientos (m):	53,000
Longitud de coronación (m):	154
Cota cimentación (m):	136,000
Cota del cauce en la presa (m):	152,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	87,160

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	516,840
Capacidad a NMIN (km ³):	61,220
Cota del NMIN (m):	187,000

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuertas.
Capacidad (m ³ /s):	722,700

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	29,220

9. FOTOGRAFÍAS





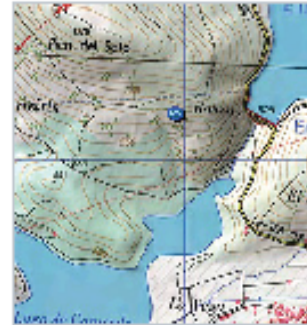
Ficha técnica de la presa: CAMPAÑA, LA

VERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	CAMPAÑA, LA
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ENDESAGENERACION S.A
Proyectista:	A. ALVAREZ Y C. G. CAFFARENA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	14-11-2007
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1963

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	ARROYO DE LA CAMPAÑA
Municipio:	CARUCEDO
Cuenca hidrográfica:	Miño-Sil
Provincia:	LEÓN
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	189911 - 4711978

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	Nº 001, —, —
Tipos:	Hidroléctrico, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	1,700
Aportación media anual (hm ³):	454,110
Precipitación media anual (mm):	668,375
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	78,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	106,600
Capacidad a NMN (hm ³):	14,074
Cota del NMN (m):	525,800

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	528
Altura desde cimientos (m):	50,000
Longitud de coronación (m):	175
Cota cimentación (m):	478,350
Cota del cauce en la presa (m):	482,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	67,000

7. DATOS DEL ALMADRIDO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	78,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	9,800

9. FOTOGRAFÍAS





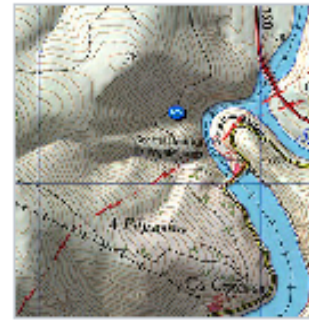
Ficha técnica de la presa: MONTEFURADO

VERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa: MONTEFURADO
 Otro Nombre: —
 Fase vida presa: Explotación
 Titular de la presa: IBERDROLA GENERACION S.A.
 Proyectista: J.TRINCADO, F. GOMEZ Y E. CASADO
 Categoría en función del riesgo potencial: A
 Aprobación de las normas de explotación: 06-05-2009
 Aprobación del plan de emergencia: 29-03-2007
 Fecha de finalización de las obras: 31-12-1954

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa: BIBEY
 Municipio: QUIROGA, MONTEFURADO
 Cuenca hidrográfica: MIÑO-SIL
 Provincia: LUGO
 Coordenadas UTM 30 - ED 50: 152571 - 4702090

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios: IBERDROLA, —, —
 Tipos: Hidroeléctrico, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km²): 1.586,800
 Aportación media anual (km³): —
 Precipitación media anual (mm): —
 Caudal punta avenida de proyecto (m³/s): 1.600,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa: Gravedad
 Cota coronación (m): 292
 Altura desde cimentación (m): 42,000
 Longitud de coronación (m): 155
 Cota cimentación (m): 250,000
 Cota del cauce en la presa (m): 253,000
 Volumen del cuerpo presa (1000 m³): 68,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NNIN (ha): 75,000
 Capacidad a NNIN (km³): 10,500
 Cota del NNIN (m): 290,000

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa: 2
 Regulación: Compuertas. / Compuertas.
 Capacidad (m³/s): 1.877,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa: 1
 Capacidad (m³/s): 60,000

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: PEARES, LOS

VERNES, 14 OCTUBRE 201

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	PEARES, LOS
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	UNION FENOSA GENERACION S.A.
Proyectista:	E.BECERRIL Y R. GOMEZ LLANO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1955

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	MIÑO
Municipio:	CARBALLO, PANTÓN
Cuenca hidrográfica:	MIÑO-SIL
Provincia:	LUGO
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	111442 - 4712307

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	UNION FENOSA C. H. LOS PEARES, —, —
Tipos:	Hidroléctrico, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	4.533,000
Aportación media anual (hm ³):	3.160,000
Precipitación media anual (mm):	1.200,000
Caudal punta averda de proyecto (m ³ /s):	—

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	197
Altura desde cimientos (m):	94,000
Longitud de coronación (m):	261
Cota cimentación (m):	102,500
Cota del cauce en la presa (m):	104,500
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	410,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	535,000
Capacidad a NMIN (hm ³):	182,000
Cota del NMIN (m):	194,240

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuertas.
Capacidad (m ³ /s):	3.568,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	100,000

9. FOTOGRAFÍAS





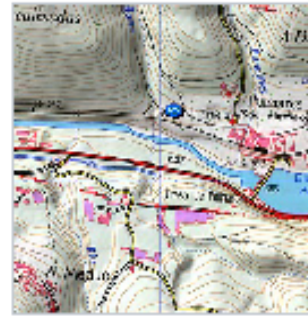
Ficha técnica de la presa: PUMARES

VERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	PUMARES
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	BERDRCLAGENERACION S.A
Proyectista:	S.CASTRO, A. CAMPO Y L. MAROTO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	06-05-2009
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1970

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	SIL
Municipio:	CARBALLEDA
Cuenca hidrográfica:	Miño-Sil
Provincia:	ORENSE
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	182021 - 4702080

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	BERDRCLA —, —
Tipos:	Hidroeléctrico, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	3.880,000
Aportación media anual (hm ³):	2.420,000
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	3.740,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	76,740
Capacidad a NMN (hm ³):	3,880
Cota del NMN (m):	359,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	361
Altura desde cimientos (m):	20,000
Longitud de coronación (m):	210
Cota cimentación (m):	341,000
Cota del cauce en la presa (m):	344,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	36,000

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuertas.
Capacidad (m ³ /s):	3.650,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	157,000

9. FOTOGRAFÍAS





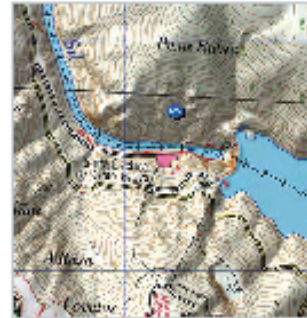
Ficha técnica de la presa: SAN ESTEBAN (SANTO ESTEVO)

VERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SAN ESTEBAN (SANTO ESTEVO)
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	BERDROLA GENERACION S.A
Proyectista:	FZARDA
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	08-05-2009
Aprobación del plan de emergencia:	28-07-2009
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1955

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	SIL
Municipio:	NOGUEIRA DE RAMUIN Y SOBER
Cuenca hidrográfica:	MIÑO-SIL
Provincia:	ORENSE
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	117184 - 4706474

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	BERDROLA —, —
Tipos:	Hidroléctrico, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	7.216,000
Aportación media anual (hm ³):	5.580,000
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	4.500,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Arcos Gravedad
Cota coronación (m):	231
Altura desde cimientos (m):	115,100
Longitud de coronación (m):	295
Cota cimentación (m):	116,000
Cota del cauce en la presa (m):	124,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	474,300

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	737,000
Capacidad a NMIN (hm ³):	213,200
Cota del NMIN (m):	229,000

7. DATOS DEL ALMADENERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuertas.
Capacidad (m ³ /s):	4.385,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	200,000

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: SAN PEDRO (NORTE)

VERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SAN PEDRO (NORTE)
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	IBERDROLA GENERACION S.A.
Proyectista:	S. CASTRO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	08-05-2009
Aprobación del plan de emergencia:	18-05-2009
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1959

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	SIL
Municipio:	NOGUEIRA DE RAMUÍN, PANTÓN
Cuenca hidrográfica:	Miño-Sil
Provincia:	ORENSE
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	110893 - 4711296

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	IBERDROLA, —, —
Tipos:	Hidroeléctrico, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	7.899,000
Aportación media anual (hm ³):	5.515,000
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	4.800,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	134
Altura desde cimientos (m):	36,000
Longitud de coronación (m):	104
Cota cimentación (m):	97,500
Cota del cauce en la presa (m):	107,500
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	50,600

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	56,000
Capacidad a NMN (hm ³):	5,700
Cota del NMN (m):	130,000

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuerta de paletas.
Capacidad (m ³ /s):	4.800,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	87,000

9. FOTOGRAFÍAS





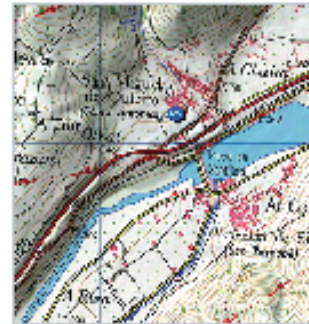
Ficha técnica de la presa: SANTIAGO

VERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SANTIAGO
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	IBERDROLA GENERACION S.A
Proyectista:	S-CASTRO YA DEL CAMPO
Categoría en función del riesgo potencial:	C
Aprobación de las normas de explotación:	—
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1968

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	SIL
Municipio:	VILLAMARTÍN DE VALDEORRAS
Cuenca hidrográfica:	Miño-Sil
Provincia:	ORENSE
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	164301 - 4702909

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	IBERDROLA, —, —
Tipos:	Hidroeléctrico, —, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	4.343,200
Aportación media anual (hm ³):	2.880,000
Precipitación media anual (mm):	—
Caudal punta avería de proyecto (m ³ /s):	3.500,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	306
Altura desde cimientos (m):	20,500
Longitud de coronación (m):	147
Cota cimentación (m):	285,500
Cota del cauce en la presa (m):	289,500
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	27,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	53,000
Capacidad a NMIN (hm ³):	1,730
Cota del NMIN (m):	303,000

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de almaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuertas.
Capacidad (m ³ /s):	3.500,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	8,000

9. FOTOGRAFÍAS





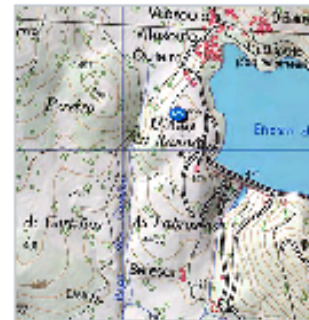
Ficha técnica de la presa: VILASOUTO

VERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	VILASOUTO
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	ESTADO
Proyectista:	F. TORRES Y M. ANDREU
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	17-05-2011
Aprobación del plan de emergencia:	—
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1969

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	MIÑO
Municipio:	INCIO, O
Cuenca hidrográfica:	MIÑO-SIL
Provincia:	LUGO
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	137205 - 4732933

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	—, —, —
Tipos:	Riego, Abastecimiento, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	50,250
Aportación media anual (hm ³):	31,500
Precipitación media anual (mm):	1.139,000
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	319,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	476
Altura desde cimientos (m):	59,000
Longitud de coronación (m):	336
Cota cimentación (m):	417,000
Cota del cauce en la presa (m):	427,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	155.000,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMIN (ha):	112,600
Capacidad a NMIN (hm ³):	20,430
Cota del NMIN (m):	473,000

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	252,100

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	2
Capacidad (m ³ /s):	16,000

9. FOTOGRAFÍAS





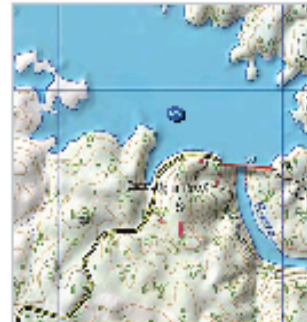
Ficha técnica de la presa: SANCHO, EL

VIERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	SANCHO, EL
Otro Nombre:	—
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	GRUPO EMPRESARIAL ENCE
Proyectista:	ALMI- E. VILLARINO Y L. ZAPICO
Categoría en función del riesgo potencial:	A
Aprobación de las normas de explotación:	19-04-2004
Aprobación del plan de emergencia:	12-05-2003
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1962

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	RIVERA DE MECA
Municipio:	GIBRALEÓN
Cuenca hidrográfica:	TINTO, ODEI Y PIEDRAS
Provincia:	HUELVA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	147481 - 4153677

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	Poblado Empresa San Juan del Puerto, ENCE, —
Tipos:	Abastecimiento, Industrial, —

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	314,150
Aportación media anual (km ³):	32,400
Precipitación media anual (mm):	650,000
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	957,000

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	56
Altura desde cimientos (m):	50,000
Longitud de coronación (m):	224
Cota cimentación (m):	6,000
Cota del cauce en la presa (m):	10,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	92,300

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a MNM (ha):	407,000
Capacidad a MNM (hm ³):	58,300
Cota del MNM (m):	54,000

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	Compuertas.
Capacidad (m ³ /s):	1.088,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	1
Capacidad (m ³ /s):	8,570

9. FOTOGRAFÍAS





Ficha técnica de la presa: UMBRIAS, LAS

VIERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	UMBRIAS, LAS
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE CERRO DE ANDEVALO
Proyectista:	J.B. PEÑASUAREZ
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1973

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	MARTIN (BARRANCO DE MARTIN JUAN)
Municipio:	CERRO DE ANDEVALO, EL
Cuenca hidrográfica:	TINTO, ODEL Y PIEDRAS
Provincia:	HUELVA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	153547 - 4181833

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	---
Tipos:	Abastecimiento, ---

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	---
Aportación media anual (hm ³):	---
Precipitación media anual (mm):	---
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	---

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	213
Altura desde cimientos (m):	15,500
Longitud de coronación (m):	86
Cota cimentación (m):	197,000
Cota del cauce en la presa (m):	202,500
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	3,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	4,000
Capacidad a NMN (hm ³):	0,100
Cota del NMN (m):	211,000

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	26,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	---
Capacidad (m ³ /s):	---

9. FOTOGRAFÍAS



Ficha técnica de la presa: ZALAMEALAREAL

VIERNES, 14 OCTUBRE 2011

1. DATOS ADMINISTRATIVOS

Nombre de la presa:	ZALAMEALAREAL
Otro Nombre:	---
Fase vida presa:	Explotación
Titular de la presa:	AYUNTAMIENTO DE ZALAMEA
Proyectista:	J.M. FERNANDEZ
Categoría en función del riesgo potencial:	---
Aprobación de las normas de explotación:	---
Aprobación del plan de emergencia:	---
Fecha de finalización de las obras:	31-12-1974

2. DATOS GEOGRÁFICOS



Río en el que se encuentra la presa:	VILLAR, EL
Municipio:	ZALAMEALAREAL
Cuenca hidrográfica:	TINTO, ODEL Y PIEDRAS
Provincia:	HUELVA
Coordenadas UTM 30 - ED 50:	177310 - 4177782

3. USOS DEL EMBALSE

Usuarios:	---
Tipos:	Abastecimiento, ---, ---

4. DATOS HIDROLÓGICOS

Superficie de la cuenca hidrográfica (km ²):	20,000
Aportación media anual (hm ³):	---
Precipitación media anual (mm):	---
Caudal punta avenida de proyecto (m ³ /s):	15,000

5. DATOS DEL EMBALSE

Superficie del embalse a NMN (ha):	3,040
Capacidad a NMN (hm ³):	0,130
Cota del NMN (m):	---

6. DATOS DE LA PRESA

Tipo de presa:	Gravedad
Cota coronación (m):	376
Altura desde cimientos (m):	13,000
Longitud de coronación (m):	113
Cota cimentación (m):	363,000
Cota del cauce en la presa (m):	365,000
Volumen del cuerpo presa (1000 m ³):	---

7. DATOS DEL ALMADERO

Número total de aliviaderos en la presa:	1
Regulación:	No, Labio fijo.
Capacidad (m ³ /s):	15,000

8. DATOS DEL DESAGÜE

Número total de desagües en la presa:	---
Capacidad (m ³ /s):	---

9. FOTOGRAFÍAS

REFERENCIAS.

Ahmad, Z., et al. (2009); Discussion of “Energy Dissipation on Block Ramps with Staggered Boulders”; *Journal of Energy Engineering, American Society of Civil Engineer.* 135, 6, pp. 522 – 526.

Akib, Shatirah and Sholichin, Mohammad. (2010); “Development of drop number performance for estimate hydraulic jump on vertical and sloped drop structure”; *International Journal of the Physical Sciences, Academic Journals*, 5, 11, pp. 1678 – 1687.

Ashiq, M. y Sattar, A. (2010); “Optimization of energy dissipation works for Nai Gaj dam Project”; *World Environmental and Water Resources Congress 2010*, pp. 1622 – 1633.

Azmathullah, H. M., et al. (2006); “Estimation of scour below spillways using neural networks”; *Journal of Hydraulic Research*: 44 (1), pp. 61-69.

Azmathullah, H. Md., et al. (2005); “Neural Networks for Estimation of Scour Downstream of a Ski-Jump Bucket”; *Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineer*, 131, 10, pp. 898 – 908.

Bacchiega, JD and Fattor, CA. (2004); “Hydrodynamic changes in the energy dissipator due to the erosion below Los Quiroga deviation dam”; *Proceedings of the Ninth International Symposium on River Sedimentation*: 1-4, pp. 1123 – 1130.

Bacchiega, JD. and Fattor, C. A. (2004); “Yacyreta Dam: spillways modification to reduce total dissolved gases concentrations downstream of the dam”; *Hydraulics of Dams and River Structures*, pp. 77 – 84.

Canales Madrazo, Alicia y Fernández Bono, Juan Francisco. (2000); “Estudio teórico-experimental de los criterios metodológicos de adaptación del diseño de las presas con cuenco amortiguador de resalto o trampolín semisumergido, a caudales de avenida superiores a los de diseño”; *Universidad Politécnica de Valencia Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Tesis Doctoral Univiversidad Politécnica de Valencia.*

Castillo Elsitdie, Luis Gerardo. (1989); “Metodología experimental y numérica para la caracterización del campo de presiones en los disipadores de energía hidráulica. Aplicación al vertido libre en presas bóveda”; *Universidad Politécnica de Catalunya, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.*

Chanson, Hubert and Chachereau, Yann. (2011). “Bubbly flow measurements in hydraulic jumps with small inflow Froude numbers”. *International Journal of Multiphase Flow*. Page 555 – 564.

Chen, Duan, et al. (2008); “Experimental research on the length of 3D hydraulic jump in joint energy dissipator”; Congress and 3rd Symposium of IAHR-ISHS, pp. 2057 – 2060.

Chen, J., et al. (2010); “Scale effects of air-water flows in stilling basin of multi-horizontal submerged jets”; *Journal of Hydrodynamics*, pp. 788 – 795.

Chow, Ven Te. (1982); “Hidráulica de los canales abiertos”; Editorial Diana.

Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD). (1988); *Aliviaderos (Boletín 58)*, MOPU, España.

Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD). (1995); *Rotura de Presas. Análisis Estadístico (Boletín 99)*, MOPU, España.

Comité Nacional Español de Grandes Presas (CNEGP). (1997a); *Guías Técnicas de Seguridad de Presas y Embalses. Aliviaderos y desagües*, Madrid, España.

Comité Nacional Español de Grandes Presas (CNEGP). (1997b); *Guías Técnicas de Seguridad de Presas y Embalses. Avenida de Proyecto*, Madrid, España.

Corps of Engineers, Department of the Army, Aterways Experiment Station. (1985); “General Spillways Investigation”.

Deolalikar, P. B. et al. (2007); “Alternative neural networks to estimate the scour below spillways”; *Advances in Engineering Software*, pp. 689 – 698.

Dey, Subhasish and Sarkar, Arindam. (2008); “Characteristics of Turbulent Flow in Submerged Jumps on Rough Beds”; *Journal of Energy Engineering Mechanics, American Society of Civil Engineer*, pp. 49 – 59.

Ead, S. A., and Rajaratnam, N. (2002); “Hydraulic Jumps on Corrugated Beds”; *Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineer*, 128, 7, pp. 656 – 663.

El Amri, A. and Verrette, J. L. (2007); “Variations of the hydrodynamic efforts on horizontal and eroded base plates downstream in a trough-type energy dissipator”; *Canadian Journal of Civil Engineering. Natl Research Council Canada-n R C Research Press*, pp. 890 – 894.

Estrada Mallada, J. (1999); “Estudio de laminación de avenidas de los embalses de Beniarrés, Guadalest, Forata y Amadorio”; Ejercicio de fin de carrera, Universidad Politécnica de Valencia, España.

Fernández Bono, J. F. (1993b); “Cuencos de resalto. Cuencos tipificados. Curso sobre órganos de disipación de energía hidráulica”; Madrid, España.

Fernández Bono, J. F. (1993c); “Teoría sobre modelos físicos hidráulicos”; Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente; Universidad Politécnica de Valencia, España.

Ferro, Vito, et al. (2009); “New Solution of Classical Hydraulic Jump”; Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineer, 135, 6, pp. 527 – 531.

Ghare A. D., et al. (2010); “Block Ramp Design for Efficient Energy Dissipation”; Journal of Energy Engineering, American Society of Civil Engineer, pp. 1 – 5.

Gord-Noshahri, A., et al. (2010); “Sill-controlled hydraulic jump in a gradually expanding channel”; Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water Management 163, pp. 515 – 522.

Gutierrez Serret y Palma Villalon, Alfonso. (1995); “Aireación en las estructuras hidráulicas de las presas: Aliviaderos y desagües profundos”; Comité Nacional Español de Grandes Presas Madrid: CIGB-ICOLD.

Hager, W. H. (1992); “Energy Dissipators and Hydraulic Jump”; Kluwer Academic Publishers, Holanda.

Hager, W. H. and Boes R. M. (2003); “Two-Phase Flow Characteristics of Stepped Spillways”; Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineer, 129, 9, pp. 661 – 670.

Hager, W. H., et al. (2006); “Bottom Aeration of Stepped Spillways “; Journal of Energy Engineering, American Society of Civil Engineer, pp. 850 – 853.

Hager, W. H., et al. (2006); “Closure to “Bottom Aeration of Stepped Spillways”; Journal of Energy Engineering, American Society of Civil Engineer, 132, 8, pp. 850 – 853.

Hager, W. H., et al. (2006); Discussion of “Bottom Aeration of Stepped Spillways”; Journal of Energy Engineering, American Society of Civil Engineer, 132, 8, pp. 850 – 853.

Hager, W. H., et al. (2006); Discussion of “Bottom Aeration of Stepped Spillways”; Journal of Energy Engineering, American Society of Civil Engineer, 132, 8, pp. 850 – 853.

Hager, W. H., et al. (2008); “Aeration Characteristics of Ski Jump Jets”; Journal of Environmental Engineering, American Society of Civil Engineers, pp. 90 – 97.

Hager, W. H., et al. (2008); “Closure to “Hydraulic Performance of Step Aerator””; Journal of Energy Engineering, American Society of Civil Engineer, 134, 2, pp. 127 – 134.

Hager, W. H., et al. (2008); “Deflector Ski Jump Hydraulics”; Journal of Energy Engineering, American Society of Civil Engineer, 134, 5, pp. 562 – 571.

Hager, W. H., et al. (2008); “Hydraulic Performance of Step Aerator “; Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineer, 134, 2, pp. 127 – 134.

Hager, W. H., et al. (2008); Discussion of “Hydraulic Performance of Step Aerator””; Journal of Energy Engineering, American Society of Civil Engineer, 134, 2, pp. 127 – 134.

Hager, W.H., et al. (2005); “Stepped chutes: Pre-aeration and spray reduction”; International Journal of Multiphase Flow, American Society of Civil Engineer, pp. 269 – 284.

Hornung, H., et al. (1995); “The Flow Field Downstream of a Hydraulic Jump”; J. Fluid Mechanics 287, pp. 299 – 316.

Inventario de presas y/o embalses incluida en la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España
<http://sig.marm.es/snczi/visor.html?herramienta=Presas>.

James, C. S., et al. (2001); Discussion and Closure of “Onset of skimming flow on stepped spillways”; Journal of Energy Engineering, American Society of Civil Engineer, 125, 9, pp. 519 – 525.

Khatsuria, R. M. and Yang, Shou Long. (1994); “Dispersive-flow energy dissipator”; Journal of Energy Engineering, American Society of Civil Engineer, 120, 12, pp. 4828 – 4838.

Kucukali S. and Cokgor S. (2009); “Energy Concept for Predicting Hydraulic Jump Aeration Efficiency”; American Society of Civil Engineers, Journal of Environmental Engineering, pp. 105 – 107.

Kucukali, S. and Cokgor, S. (2009); “Energy Concept for Predicting Hydraulic Jump Aeration Efficiency”; Journal of Environmental Engineering, American Society of Civil Engineer, 135, 2, pp. 105 – 107.

Lopard, Raúl Antonio. (2005); “Una aproximación al estudio de flujos macroturbulentos en resalto hidráulico”; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas.

Lopardo, Raúl Antonio. (2005); “Cavitación por pulsos de presión y modelación física en flujos macroturbulentos”; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas.

Marchegiani, Ariel Ricardo. (2003); “Cavitación: apuntes de la cátedra de Pequeñas Centrales Hidráulicas”; Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue.

Martínez Olmos, Eduardo. (2011); “Estudio experimental de cuencos amortiguadores en aliviaderos con cajeros altamente convergentes”; Departamento de Ingeniería Civil: Hidráulica y Energética, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Madrid.

Meireles, Inés and Matos, Jorge. (2009); “Skimming Flow in the Non-aerated Region of Stepped Spillways over Embankment Dams”; Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineer, 135, 8, pp. 685 – 689.

Mejía Fernández, Fernando. (2008); “Estructuras de vertimiento de aguas en laderas de media a fuerte pendiente: canal de pantallas deflectoras (CPD) y canal de rápidas con tapa y columpio (CRTC)”; Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Novak, P. (1984); “Development in Hydraulic Engineering-2”; Unwin Hyma Ltd, Gran Bretaña.

Novak, P., et al. (1990); “Hydraulic Structures”; Unwin Hyma Ltd, Gran Bretaña.

Ortiz Ortiz, Freddy Guillermo. (2010); “Modelo hidráulico físico de disipadores de energía, como ayuda de aprendizaje de la materia de Hidráulica”; Escuela Politécnica del Ejército. Tesis de grado de Ingeniero Civil, Sangolquí.

Pagliara, Stefano, et al. (2008); “Energy Dissipation on Submerged Block Ramps”; Journal of Irrigation and Drainage Engineering, American Society of Civil Engineer, 134, 4, pp. 527 – 532.

Pampalone, V., et al. (2007); “Hydraulic Jumps on Rough Beds”; Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineer, 133, 9, pp. 989 – 999.

Peterka, A. J. (1984); “Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators”; The Bureau of Reclamation of the U. S. Department of the Interior, Eighth Printing.

Rajaratnam, N., et al. (2000); “Screen-type energy dissipater for hydraulic structures”; Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineer, 126, 4, pp. 310 – 312.

Rajaratnam, N., et al. (2004); “Turbulence Structure of Hydraulic Jumps of Low Froude Numbers”; Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineer, 130, 6, pp. 511 – 520.

Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses. (1996); Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente del Gobierno de España.

Relvas, António T., et al. (2008); “Inception Point and Air Concentration in Flows on Stepped Chutes Lined with Wedge-Shaped Concrete Blocks”; Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineer, 134, 8, pp. 1042 – 1051.

Sharp, J. J. (1981); “Hydraulic Modelling”; Ed. Butterworths, Inglaterra.

Tian, Z., et al. (2011); “Energy dissipation and cavitation characteristics of contracted plug in discharge tunnel”; Shuili Xuebao/Journal of Hydraulic Engineering 42: (2), pp. 211-217.

U.S. Department of Interior, Bureau of Reclamation. (1970); “Proyecto de Presas Pequeñas”.

US Army Corps of Engineers. (1974); “Spillway Stilling Basin, Hydraulic Jump Type”; Waterways Experiment Station.

Vallarino Cánovas del Castillo, E. (1991); “Tratado Básico de Presas”; Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid; Madrid, España.

Vallarino Canovas del Castillo, Eugenio. (1991); “Tratado básico de presas”; Colegio de Ingenieros Canales y Puertos de Madrid.

Verma, DVS and Goel, A. (1998); “Economical design of energy dissipator for dam outlets”; Proceedings of the International Conference on Hydro Power Development in Himalayas, pp. 93 – 103.

Vischer, D. L. and Hager, W. H. (1999); “Dam Hydraulics”; John Wiley and Sons, Gran Bretaña.

Vischer, D. L. and Hager, W. H. (editores). (1995); “Energy Dissipators”; Balkema, Holanda.

WU, Jian-hua and LUO, Cha. (2011); “Effects of entrained air manner on cavitation damage”; Journal of Hydridynamics, pp. 333 – 228.

XVIII Congreso Internacional de Grandes Presas. (1994); Durban, África del Sur.

Yasuda, Youichi, and Ohtsu, Iwao. (2008); “Energy Dissipator of Slit Concrete SABO Dams”; Congress and 3rd Symposium of IAHR-ISHS, pp. 2017 – 2022.

Yufeng W. U. (2011); “A new method to calculate the lenght of expanding Hydraulic Jump”; Talent Fund of Xihua University, pp. 8015 – 8018.

Zhang, J., et al. (2010); “Numerical simulation of the energy dissipation characteristics in stilling basin of multi-horizontal submerged jets”; Journal of Hydrodynamics, pp. 732 – 741.

Zhong, T., et al. (2003); “Hydraulic Design of Stepped Spillways”; Journal of Hydraulic Engineering, American Society of Civil Engineer, 129, 9, pp. 671 – 679.

Zhong, T., et al. (2009); “Hydraulic characteristics of plug energy dissipater in flood discharge tunnel”; Journal of Hydrodynamics, pp. 799 – 806.