

TEMA 6: Obras Hidráulicas: Control y vigilancia de las obras hidráulicas. Presas y embalses

1	Introducción y conceptos generales sobre obras hidráulicas, presas y embalses	2
1.1	Concepto y objetivos de las obras hidráulicas	2
1.2	Terminología técnica fundamental y definiciones normativas (R.D. 9/2008)	2
1.3	Partes estructurales y tipologías de embalses	3
1.4	Análisis socioeconómico, funcional y ambiental del almacenamiento	3
2	Tipologías de presas	4
2.1	Clasificación en función de sus dimensiones	4
2.2	Clasificación en función del riesgo potencial de rotura	5
2.3	Clasificación detallada en función de su tipología estructural y constructiva	5
2.3.1	Presas de materiales sueltos:.....	5
2.3.2	Presas de gravedad (macizas o aligeradas):.....	8
2.3.3	Presas de contrafuertes:	9
2.3.4	Presas bóveda y arco-gravedad:	10
3	Elementos fundamentales de las presas	13
3.1	Obras de toma	13
3.2	Aliviaderos	14
3.3	Desagües	16
3.4	Escalas y dispositivos de permeabilidad piscícola.....	17
4	El control y la vigilancia de presas y embalses	18
4.1	Organización institucional de la seguridad de presas en España	18
4.2	Inspecciones visuales sistemáticas.....	19
4.3	Explotación y control de los órganos de desagüe	20
4.4	Seguridad durante situaciones de avenida y llenados rápidos.....	21
4.5	Introducción al control físico-químico y red básica de datos	21
5	Normas de explotación y Planes de Emergencia – PAE	22
5.1	Contenido obligatorio de las Normas de Explotación de presas y embalses	22
5.2	Sistemas automáticos de información hidrológica (SAIH), centros de control y protocolos de comunicación directa	22

TEMA 6: Obras Hidráulicas: Control y vigilancia de las obras hidráulicas. Presas y embalses

1 Introducción y conceptos generales sobre obras hidráulicas, presas y embalses

1.1 Concepto y objetivos de las obras hidráulicas

Se denominan obras hidráulicas al conjunto de infraestructuras, instalaciones y construcciones de ingeniería civil proyectadas para la gestión, control, captación, regulación, conducción y aprovechamiento de los recursos hídricos de una cuenca hidrográfica.

Regulación hidráulica: Conforme a los principios de gestión de recursos, regular significa ajustar el funcionamiento de un sistema a un determinado fin; hidráulicamente, representa equilibrar y ajustar las demandas sectoriales (regadío, abastecimiento urbano, producción energética y salvaguarda de caudales ecológicos) a los recursos hídricos disponibles en la cuenca.

Objetivos principales:

Regulación y garantía de suministro: Almacenamiento de caudales en épocas de abundancia hidrológica para su posterior distribución en periodos de estiaje o escasez.

Generación de energía: Explotación del potencial hidroeléctrico asociado a los saltos de agua.

Defensa frente a inundaciones (Laminación): Aprovechamiento de la capacidad de los ríos y embalses para laminar (almacenar temporalmente parte del caudal punta que llega en situación de avenida, mitigando y evitando daños catastróficos aguas abajo).

1.2 Terminología técnica fundamental y definiciones normativas (R.D. 9/2008)

Para el rigor técnico y legal exigible en la materia, es obligado dominar los siguientes conceptos procedentes de la normativa vigente de Dominio Público Hidráulico y seguridad de presas:

Embalse: Obra hidráulica consistente en un recinto artificial para el almacenamiento de agua limitado, en todo o en parte, por la presa. Asimismo, comprende el conjunto integrado por el terreno, la presa y el agua almacenada, junto con todas las estructuras auxiliares relacionadas con su funcionalidad (Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento de Dominio Público Hidráulico).

Pantano: Término geomorfológico referido a una hondonada donde se recogen y naturalmente se detienen las aguas, con fondo más o menos cenagoso. Aunque en el lenguaje popular se emplea como sinónimo de depósito artificial, la terminología técnica y administrativa exige la denominación rigurosa de embalse para las infraestructuras antrópicas.

Presa: Estructura artificial que, limitando en todo o en parte el contorno de un recinto enclavado en el terreno, está destinada al almacenamiento de agua dentro del mismo. A los exclusivos efectos de seguridad y aplicación reglamentaria, se equiparán normativamente como tales las balsas de agua.

Balsa: Obra hidráulica consistente en una estructura artificial destinada al almacenamiento de agua situada fuera de un cauce natural y delimitada, total o parcialmente, por un dique de retención (R.D. 9/2008).

Azud: Presa de escasa altura construida transversalmente en los ríos con la finalidad principal de derivar caudal para riego u otros usos (del árabe hispánico *assúdd*). Funcionalmente opera como una obra de derivación de régimen libre o escasa retención.

1.3 Partes estructurales y tipologías de embalses

Partes integrantes de un embalse:

Vaso: Superficie y volumen topográfico del terreno inundable donde se almacena propiamente el agua. Sus condiciones hidrogeológicas determinan la estanqueidad y evitación de fugas.

Cerrada: Estrechamiento topográfico del valle o garganta fluvial en cuyo emplazamiento se proyecta y cimenta el cuerpo de la presa.

Tipología según su emplazamiento hidrográfico:

Embalse en el cauce: La presa interseca directamente el río que aporta los caudales naturales (ej. presa de Mansilla en el río Najerilla). Representan la tipología convencional.

Embalse en derivación o lateral: La infraestructura de almacenamiento se ubica fuera del cauce principal que aporta los recursos, requiriendo obras de toma y conducción o trasvases entre cuencas (ej. embalse de Gonzalez_Lacasa en Ortigosa de Cameros).

1.4 Análisis socioeconómico, funcional y ambiental del almacenamiento

Beneficios estratégicos:

El sistema de regulación nacional (con una capacidad de almacenamiento próxima a los 56.043 hectómetros cúbicos (hm³)) sostiene sectores vitales: el regadío (principal consumidor de recursos 3,85 millones de hectáreas), el abastecimiento a más de 39 millones de habitantes (cubriendo puntas estacionales de decenas de millones de turistas), la generación de energía limpia (aproximadamente el 12,4% del total producido) y la preservación ambiental mediante caudales ecológicos y recarga de acuíferos.

Otro aspecto muy interesante de las presas es su capacidad de **laminar** las avenidas reduciendo sus cuantiosos daños. En España las inundaciones son el desastre natural más importante y constituyen un grave problema social, económico y medioambiental. Existen referencias de más de 2.400 inundaciones ocurridas en los últimos 500 años.

En resumen, los usos principales a los que se destinan las aguas embalsadas son:

- Regadío. El regadío es con mucho el principal consumidor del agua embalsada.
- Abastecimiento: Aunque el consumo es muy inferior al de regadío, son muchos los embalses contruidos para tal fin y a veces compartiendo uso con el regadío.
- Producción de energía eléctrica
- Garantizar caudales ecológicos, durante periodos de sequía o estiaje.
- Recarga artificial de acuíferos.
- Usos recreativos.

Afecciones e impactos asociados:

En algunos casos pueden ser importantes las afecciones que produce la construcción y llenado de un embalse, comentándose a continuación las más destacadas:

- *Sociales*: Inundación de núcleos habitados, bienes y afección profunda a los modos de vida locales.
- *Medioambientales*: Obligatoriedad de someter los proyectos a Declaración de Impacto Ambiental (DIA) para corregir o evitar daños ecológicos irreversibles (históricamente ejemplificado en el proyecto descartado de Jánovas en el río Ara).
- *Culturales y patrimoniales*: Necesidad de rescate, catalogación o traslado de elementos histórico-artísticos (ermitas, dólmenes, yacimientos).
- *Económicas*: Pérdidas de aprovechamientos, lucro cesante y modificaciones del tejido socioeconómico comarcal.

2 Tipologías de presas

La selección de la tipología de una presa no responde a un criterio puramente económico o estético, sino a un riguroso proceso de optimización condicionado por factores determinantes como la topografía de la cerrada, la geología y geotecnia de la cimentación y los estribos, la disponibilidad de materiales de construcción en el entorno próximo, los condicionantes sismotectónicos de la zona y los usos socioeconómicos e hidrológicos proyectados. Atendiendo a la normativa técnica de seguridad de presas y embalses, las tipologías se estructuran y desarrollan exhaustivamente del siguiente modo:

2.1 Clasificación en función de sus dimensiones

Gran Presa: Se considera gran presa aquella cuya altura es superior a 15 metros o la que, teniendo una altura comprendida entre 10 y 15 metros, tenga una capacidad de embalse superior a 1 hectómetro cúbico [1 hm³]

Pequeña Presa: Serán todas aquellas que no cumplan ninguna de las condiciones señaladas anteriormente.

2.2 Clasificación en función del riesgo potencial de rotura

De conformidad con las Normas Técnicas de Seguridad (NTS) aprobadas por el Real Decreto 264/2021, de 13 de abril —en coordinación con la normativa de protección civil—, las presas se clasifican en atención a sus dimensiones y al riesgo potencial derivado de su rotura o funcionamiento incorrecto, evaluándose siempre el escenario más desfavorable:

- **Categoría A:** Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o a servicios esenciales, o producir daños materiales o ambientales muy importantes.

Obligación asociada: Programa de revisión de seguridad por experto independiente, auscultación instrumental continua/telemedición y Plan de Emergencia (PAE) homologado e implementado con el 112 / Protección Civil.

- **Categoría B:** Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede ocasionar daños materiales o ambientales importantes o afectar parcialmente a servicios esenciales.

Obligación asociada: Auscultación periódica reglamentaria, revisiones de seguridad y Plan de Emergencia (PAE) adaptado.

- **Categoría C:** Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de escasa consideración y difícilmente afectaría a servicios esenciales.

Obligación asociada: Régimen simplificado de inspección visual, registro de titularidad en el organismo de cuenca y cumplimiento de labores básicas de conservación del RD 264/2021, eximiéndose de la tramitación formal de PAE.

2.3 Clasificación detallada en función de su tipología estructural y constructiva

Los diversos tipos de presas responden a las variadas formas de cumplir las exigencias de resistir el empuje del agua, lograr la impermeabilidad y evacuar los caudales sobrantes.

En cada caso, la importancia relativa de las premisas anteriores, las condiciones del terreno (deformación y permeabilidad) y las exigencias de los usos del agua (abastecimiento, laminación, aprovechamiento hidroeléctrico, regadío, recarga de acuíferos, etc.) dan una serie de condicionantes que llevan a la elección del tipo más adecuado.

2.3.1 Presas de materiales sueltos:

Bajo la denominación genérica de presas de materiales sueltos agrupamos varios tipos formados exclusiva o preferentemente por materiales naturales (bolos, gravas, arenas, limos, arcillas y suelos en general).

Principio resistente y comportamiento mecánico:

Son aquellas estructuras construidas preferente o exclusivamente a base de materiales naturales extraídos de canteras o préstamos sin cohesión cementante (bolos, gravas, arenas, limos, arcillas y bloques de roca).

Resisten el empuje del agua (empuje hidrostático) exclusivamente por gravedad debido a su inmensa masa. Sin embargo, algunas se construyen con planta ligeramente arqueada, para mejorar las condiciones del núcleo y corregir algunas tendencias de separación de los materiales en los contactos entre sí o con el terreno, pero no es una función resistente estructural propiamente dicha frente al empuje, sino de reajustes internos del tipo citado.

Presentan taludes muy tendidos (oscilando habitualmente entre 1,5:1 y 2,0:1 en el caso de escolleras, y entre 2,5:1 y superiores a 5,0:1 en diques de tierras puras).

Suelen tener componentes permeables en alto grado (gravas, arena, escollera) por lo que necesitan un elemento para cumplir la función de impermeabilidad.

Partes de una presa de materiales sueltos:

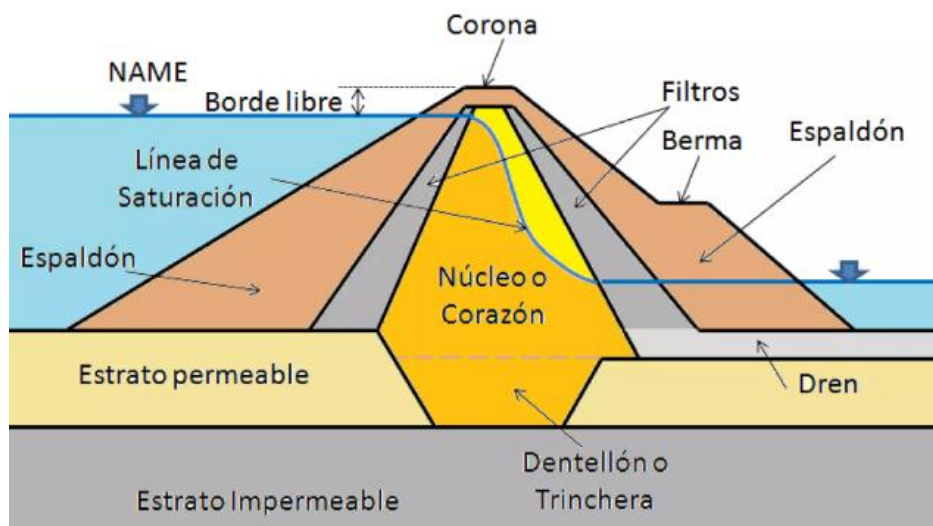


Ilustración 1 Partes de una presa de MS

Tipología según la disposición del elemento impermeable:

Presas homogéneas: Todo el cuerpo de la presa se compone de un material uniforme impermeable. Son soluciones minoritarias debido a la escasez natural de yacimientos arcillosos masivos y a los problemas de estabilidad interna que experimentan cuando superan los 15 o 20 metros de altura, requiriendo obligatoriamente la instalación de elementos de drenaje complementarios (drenes horizontales y chimeneas drenantes verticales de áridos) para abatir la línea de saturación.

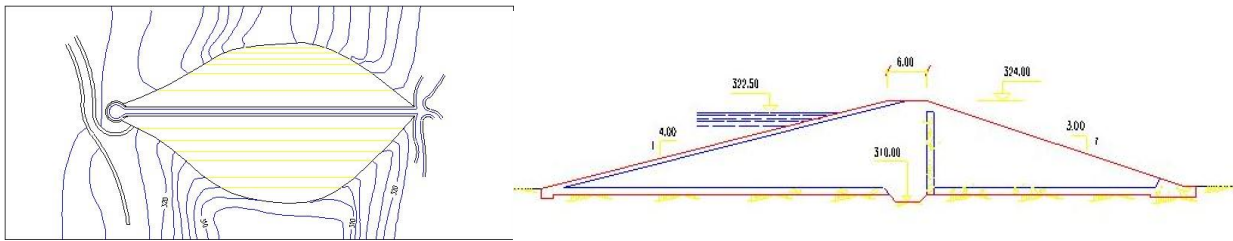


Ilustración 2 Presa El Águila (D.H. del Guadiana)

Presas de materiales heterogéneos o zonificados: Representan la tipología más habitual. Optimizan los recursos disponibles en el entorno distribuyéndolos según sus propiedades geotécnicas: los espaldones exteriores (de materiales permeables como gravas o escolleras) actúan como elementos estabilizadores por peso; el núcleo central (o ligeramente inclinado hacia aguas abajo) se construye con arcillas o limos altamente impermeables; y se intercalan capas de transición, filtros y drenes internos para evitar la tubificación (erosión interna por filtración de finos).

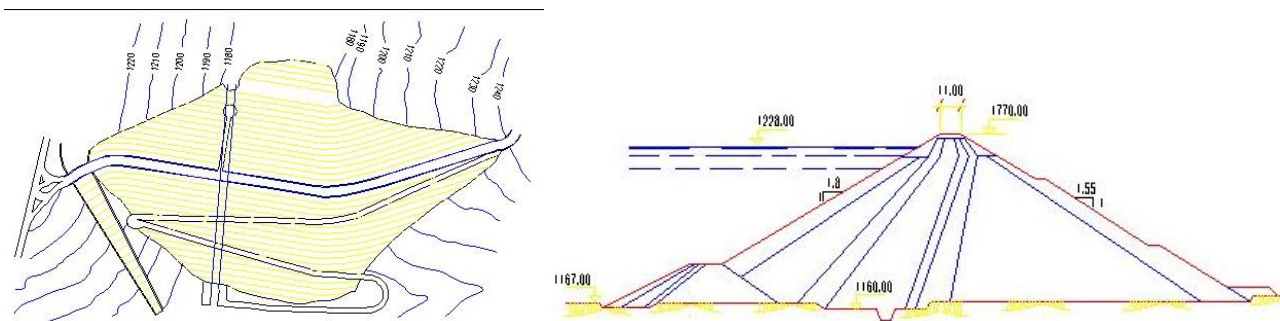


Ilustración 3 Presa de Pajares (D.H. del Ebro)

Presas con pantalla o diafragma: Se proyectan cuando no existen yacimientos de materiales finos impermeables en las inmediaciones. La estanqueidad se confía a una pantalla artificial situada en el paramento de aguas arriba (construida habitualmente con losas de hormigón armado o aglomerado asfáltico, como ejemplifica la presa de Soto-Terroba en La Rioja) o mediante un diafragma interior en el cuerpo de dique.



Ilustración 4 presa de Soto-Terroba

Criterios geotécnicos de elección: Su elección viene dictada frecuentemente por condiciones geológicas desfavorables en la cimentación (por ejemplo, valles aluviales profundos con suelos compresibles o deformables que experimentarían asentamientos diferenciales inaceptables y fisurantes en una presa rígida de hormigón). Asimismo, el aliviadero debe situarse obligatoriamente fuera del cuerpo de la presa (en excavación sobre roca en uno de los estribos), ya que los materiales sueltos no toleran la erosión por vertido superficial sin arruinar la estructura.

2.3.2 Presas de gravedad (macizas o aligeradas):

Presas de gravedad macizas: Estructuras masivas de hormigón en masa o ciclópeo cuyo perfil transversal característico adopta una forma esencialmente triangular, con una suma de taludes (relación horizontal/altura) situada habitualmente entre 0,75 y 0,80 (pudiendo incrementarse ligeramente en valles de alta sismicidad, aunque raramente supera 0,95). Sobre este triángulo se superpone un trapecio superior que conforma la calzada de coronación y garantiza el resguardo necesario sobre el nivel máximo del embalse. Toda la presión hidráulica es contrarrestada por el propio peso de la masa de hormigón transmitida a la cimentación rocosa (ejemplo emblemático en España: la presa de Mequineneza).

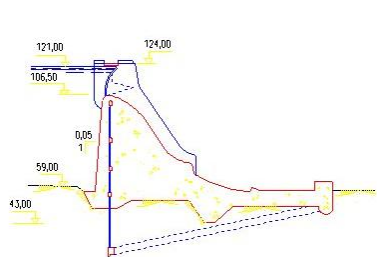
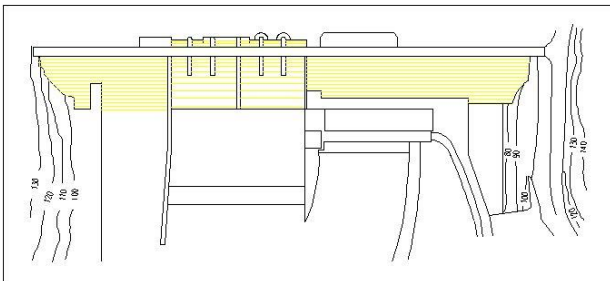




Ilustración 5 Presa de Mequinenza (C.H. del Ebro)

2.3.3 Presas de contrafuertes:

Variante evolutiva diseñada para aligerar el volumen de hormigón y optimizar costes. Para compensar la pérdida de peso, se inclina el paramento de aguas arriba forzando la acción gravitatoria del prisma de agua vertical que descansa sobre la estructura.

Constructivamente constan de una serie de contrafuertes verticales de hormigón dotados de ensanchamientos en forma de cabeza (sección en T) orientados a aguas arriba, los cuales se unen entre sí para cerrar el paso del agua y recibir el empuje.

Aunque reducen el volumen de material, su gran superficie expuesta incrementa la vulnerabilidad frente a la meteorización (ejemplo de referencia: la presa de Alcántara, que con 130 metros ostenta el récord de altura en esta tipología en España).

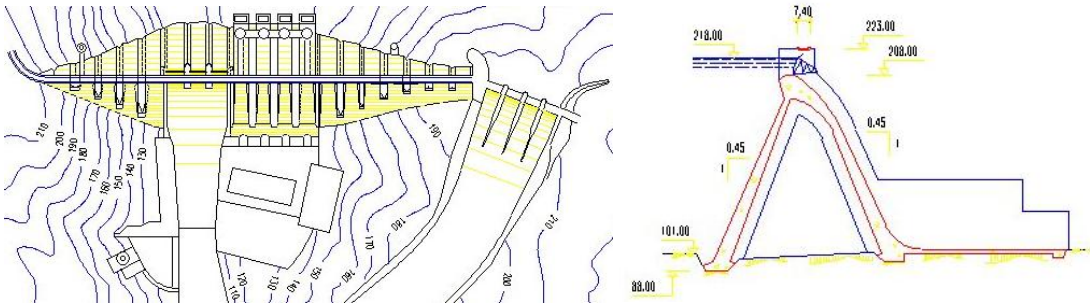


Ilustración 6 Presa de Alcántara (C.H. del Tajo)

2.3.4 Presas bóveda y arco-gravedad:

Presas bóveda (doble curvatura): Estructuras esbeltas de hormigón caracterizadas por presentar curvatura tanto en el plano horizontal (forma de arco) como en el plano vertical (bóveda o cúpula). Su comportamiento resistente transfiere los empujes hidrostáticos de forma óptima hacia los estribos laterales rocosos y los cimientos de la cerrada. Son estructuras de gran ligereza geométrica donde la relación entre el espesor en la base y la altura total de la presa es igual o inferior a 0,20.

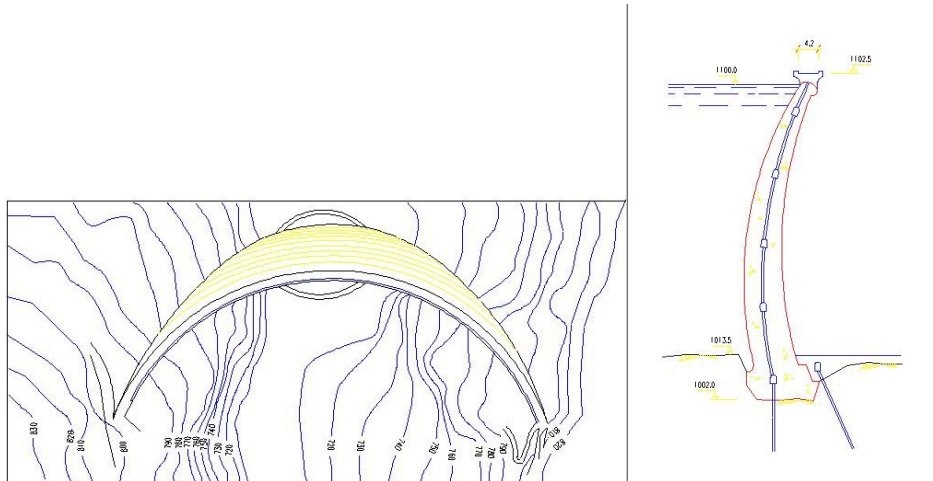


Ilustración 7 Presa de Riano (C.H. del Duero)

Exigen condiciones topográficas muy cerradas (gargantas estrechas) y formaciones rocosas de excepcional calidad geotécnica, aportando un elevado coeficiente de seguridad estructural ante cargas imprevistas.

Presas arco-gravedad: Solución tipológica intermedia aplicable a cerradas de anchura moderada donde la curvatura horizontal en arco por sí sola resulta insuficiente para resistir íntegramente el empuje del agua. Para compensar esta limitación geométrica, se dota a la estructura de un mayor grosor y peso propio complementario, situando la suma de taludes en valores intermedios que oscilan entre 0,35 y 0,60.

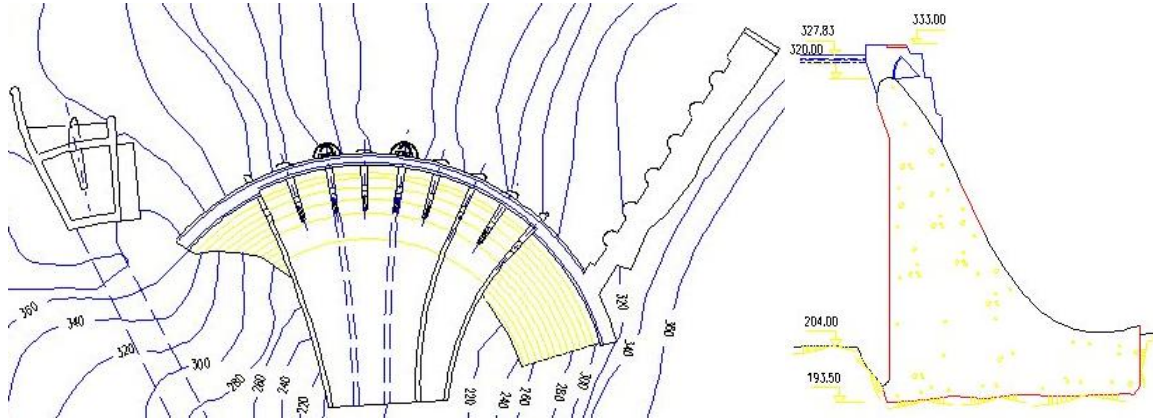


Ilustración 8 Presa de Aldeadavila (C.H. del Duero)

d) Tipologías especiales y singulares:

Presas de bóvedas múltiples: Sistemas híbridos compuestos por una serie de contrafuertes equidistantes de sección rectangular sobre los que apoyan sucesivas bóvedas de menor luz que transmiten los esfuerzos, permitiendo reducir drásticamente el volumen de hormigón (ejemplo histórico en España: la presa de Meicende en La Coruña, con 21 metros de altura).

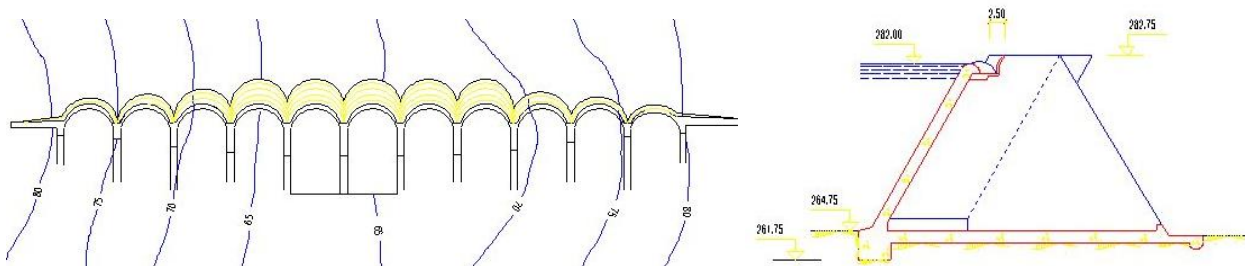




Ilustración 9 Presa de Meicende (C.H. del Galicia -Costa)

Presas mixtas: Obras complejas que combinan simultáneamente dos o más tipologías estructurales diferentes en una misma cerrada (por ejemplo, tramos centrales de gravedad en hormigón combinados con diques laterales de materiales sueltos).

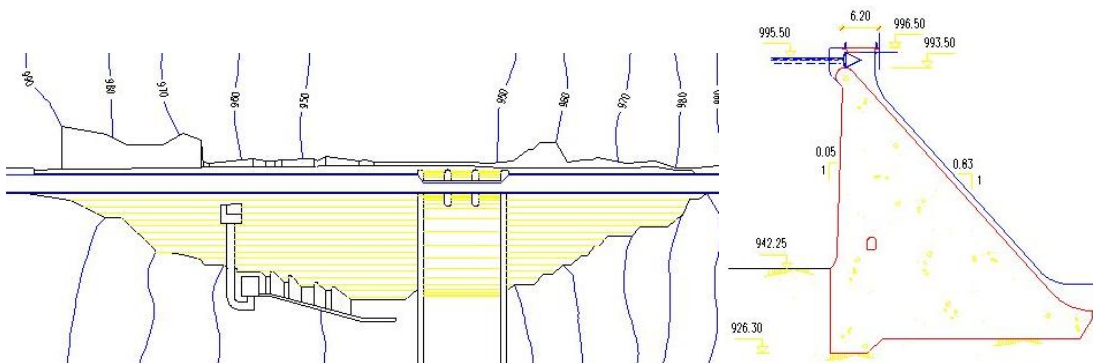


Ilustración 10 Presa de González -Lacasa (C.H del Ebro)

Presas móviles y abatibles: Infraestructuras singulares cuya altura de retención útil se debe fundamentalmente a la acción de compuertas mecánicas o, en desarrollos tecnológicos modernos, a membranas flexibles de materiales sintéticos reforzados que se inflan mediante sistemas neumáticos o de compresión de agua. Estas presas inflables permiten elevar el nivel del cauce en régimen ordinario y se desinflan de manera automática ante la llegada de avenidas para evitar daños aguas arriba, restituyendo el perfil natural del río.



Ilustración 11 Presa hinchable de Rincón de Seca

3 Elementos fundamentales de las presas

Para garantizar la correcta operatividad, el control hidrológico y la seguridad estructural del embalse, toda presa requiere un conjunto de infraestructuras e instalaciones auxiliares especializadas.

Los tres sistemas funcionales básicos son las tomas, los aliviaderos y los desagües, complementados en determinados cauces por dispositivos de permeabilidad piscícola.

3.1 Obras de toma

Se denomina obra de toma al conjunto de estructuras hidráulicas construidas en una presa con objeto de extraer el agua de forma controlada y estar en condiciones de satisfacer las demandas sectoriales para las que ha sido proyectado el embalse.

- Tipología según la estructura de entrada:

De torre con puente de acceso: Disposición de la toma o tomas en una torre vertical exenta respecto al cuerpo de presa. Es una tipología muy utilizada en presas de materiales sueltos, así como en presas de fábrica cuando se precisan extracciones a diferentes alturas para garantizar la calidad u optimizar la cota de captación (abastecimientos).



Ilustración 12. Toma Presa de Pajares (C.H. del Ebro) y toma presa de Tous (C.H. del Júcar)

De estructura de rejilla sumergida: Disposición de rejillas metálicas en el paramento de aguas arriba de la presa en posición subvertical, o bien en una obra anexa con configuración horizontal de las rejillas.



Ilustración 13 Toma obra anexa Presa de Terroba (C.H. del Ebro)

3.2 Aliviaderos

Elemento encargado de derivar y transportar el agua sobrante que no puede ser almacenada en el embalse, amortiguando su energía al reintegrarla al cauce para evitar perjuicios estructurales a la propia presa y salvaguardar los bienes y personas situados aguas abajo. Su dimensionamiento hidráulico exige conocer la avenida máxima estimada para el río.

En general todo aliviadero constara de tres partes:

- Embocadura de toma
- Sistema de conducción
- Cuenco amortiguador para disipar la energía del agua.

Clasificación según los sistemas de control y vertido:

- Aliviaderos de lámina libre o sin compuerta: Funcionamiento automático y estático; no evacuan caudal hasta que el nivel supera el umbral, dependiendo el gasto de la carga y la longitud de vertido.

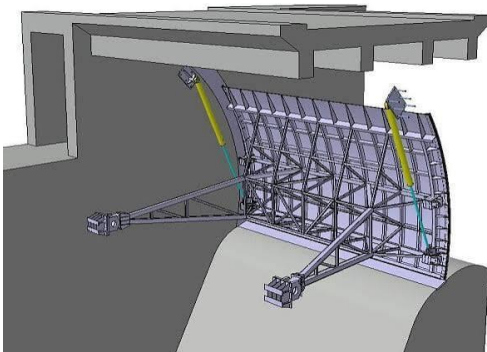
Incluyen geometrías como :

- Vertederos rectos (frontales o laterales)
- Morning glory (perfil circular de gran desarrollo)
- Pico de pato (planta en v)
- Laberintos (trazado que incrementa la longitud útil)
- Conductos en sifón (que entran en carga al agotarse la sección).



Ilustración 14 Aliviaderos "Morning Glory, Pico de Pato Y laberinto

- Aliviaderos con compuertas: Los aliviaderos dotados de compuertas estarán divididos al menos en dos vanos. Las compuertas de los aliviaderos deberán poderse maniobrar con energía procedente de dos fuentes distintas (electricidad y grupo electrógeno) y accionarse también a mano. Se mueven a voluntad y puede controlarse el caudal a través de su nivel. Podemos encontrar:
 - Radiales o Taintor, son las más utilizadas debido a su economía en la construcción y a que requieren un esfuerzo menor que las vagón para su izado. Pueden llegar a tener dimensiones importantes que alcanzan los 40 m de longitud y 10 m de altura, así como 20 m por 20 m.



- De Sector Flotante, cajón metálico o de hormigón armado hueco en forma de sector articulado que puede abatirse e incrustarse en el cuerpo de presa.
 - Verticales: requieren una estructura de izado importante, sus dimensiones máximas están en torno a los 20 m, pero en general se utilizan para alturas pequeñas. Pueden ser "Deslizantes" cuando los bordes del tablero deslizan por su propio peso entre unos carriles verticales, "Vagón" cuando tienen ruedas fijas al tablero, y "Stoney" con trenes de rodadura independientes del tablero.
- Aliviaderos mixtos: Combinación de tramos de lámina libre y tramos dotados de compuertas.

Criterios de evacuación para avenidas: La capacidad total de desagüe durante avenidas se evalúa sumando los caudales de los aliviaderos y los desagües profundos (excluyendo las tomas de explotación salvo justificación), considerando asimismo aliviaderos de emergencia y diques fusibles si procede.

3.3 Desagües

Funcionalidad y ubicación

- Los desagües de fondo se sitúan en la zona central de la presa, próximos a la cimentación, operando como elementos críticos de seguridad para el vaciado de emergencia del embalse.
- Los desagües de medio fondo o intermedios se ubican a media altura y en los laterales para asistir a los aliviaderos superficiales y regular el nivel del embalse.

En las presas de las categorías A y B, los desagües profundos constarán, al menos, de dos conductos provistos cada uno, como mínimo, de dos elementos de cierre colocados en serie.

Con carácter general la maniobra de los órganos de desagüe no deberá dar lugar a caudales desaguados que originen daños aguas abajo superiores a los que se podrían producir naturalmente sin la existencia del embalse. Se considerarán diversos escenarios de averías de los órganos de desagüe durante la explotación, analizando sus consecuencias, adoptando las medidas pertinentes para minorar riesgos y daños.

Se comprobará que el funcionamiento de los órganos de desagüe con condiciones límite para la avenida extrema no compromete la seguridad de la presa.

Para maniobrar los desagües se utilizan válvulas que se clasifican en

- Válvulas de compuerta deslizante (Bureau): Elementos verticales consecutivos (seguridad y regulación).



- Válvulas de chorro hueco (Howell-Bunger): Óptima capacidad de disipación de energía del chorro para evitar erosiones, con excelente regulación (con o sin deflector).



- Válvulas de mariposa: El elemento de cierre lo forma un disco circular, es decir, una especie de lenteja, montado sobre un eje de giro. No suelen ser muy utilizadas. Como norma general no son aptas para el cierre por encima de 10 m/s..



- Ataguías Son piezas móviles que se colocan delante de las compuertas cuando estas tienen necesidad de repararse o revisarse, con la existencia de agua. Pueden ser:
 - De un solo tablero
 - De varios tableros.

3.4 Escalas y dispositivos de permeabilidad piscícola

La construcción de una presa puede suponer un obstáculo decisivo para la migración de los peces río arriba. Para resolver este problema hay diferentes tipos de escalas que permiten a los peces remontar la corriente río arriba y que forman parte de la estructura de la presa. Los principales tipos de escalas son:

Escala de artesas: Estanqueadas mediante peldaños y vertederos con hendiduras u orificios.



Escala de ralentizadores: Canal rectilíneo de fuerte pendiente dotado de deflectores reductores de velocidad de flujo.



Escala de ascensor y esclusas: Dispositivos mecánicos o de navegación que concentran y elevan periódicamente a los ejemplares migratorios aguas arriba del obstáculo.

4 El control y la vigilancia de presas y embalses

4.1 Organización institucional de la seguridad de presas en España

La gestión, control y vigilancia de la seguridad de presas y embalses en España se estructura bajo un modelo de **competencia compartida y jerarquizada** entre la Administración General del Estado (a través de los Organismos de Cuenca y el MITECO) y los titulares de las infraestructuras (públicos o privados).

A. Marco competencial y el Comité de Presas

Competencia de cuenca: Las Confederaciones Hidrográficas (o administraciones hidráulicas autonómicas en cuencas intracomunitarias) ejercen la tutela administrativa, la aprobación de las clasificaciones de riesgo (Anexo I RD 264/2021) y la inspección de la aplicación de las Normas Técnicas de Seguridad (NTS).

El Comité Técnico / Órganos consultivos y de coordinación: A nivel nacional y de cuenca, la coordinación técnica y la emisión de criterios homogéneos sobre auscultación, revisiones de seguridad y respuesta ante anomalías se apoyan en directrices del MITECO y comités técnicos especializados de grandes presas (participación en ICOLD/SPANCOLD), asegurando que los criterios de aceptabilidad de riesgo sean uniformes.

B. Los Servicios de Vigilancia de los Organismos de Cuenca

Unidades de seguridad de presas: Integradas en las áreas de explotación de las Confederaciones Hidrográficas, tienen encomendadas:

- La validación de los **Informes Anuales de Auscultación y Explotación**.
- La inspección de oficio o reglamentaria de las presas clasificadas en Categorías A, B y C.
- La supervisión de los simulacros y la operatividad de los Planes de Emergencia (PAE) en coordinación con Protección Civil.

Obligaciones del titular: El titular de la presa es el responsable directo de la seguridad física, de disponer de personal de explotación y conservación cualificado, implementar las pautas de las Normas de Explotación y mantener la disponibilidad operativa de la presa priorizando la seguridad frente a cualquier otro uso

4.2 Inspecciones visuales sistemáticas

Las inspecciones visuales constituyen la primera línea de defensa para la detección precoz de anomalías (filtraciones anómalas, fisuración, agresión química, erosión de taludes o inestabilidad de estribos).

A. Frecuencia y tipología de inspecciones

- **Inspecciones rutinarias / diarias o semanales:** Realizadas por el guarda-explotación de la presa. Comprobación de niveles, lecturas básicas de afloramientos en pies de presa, estado de accesos y ausencia de incidencias graves.
- **Inspecciones periódicas reglamentarias:** Mensuales/trimestrales en profundidad por técnico responsable de la explotación.
- **Inspecciones extraordinarias:** Obligadas tras la superación de una avenida de proyecto, un sismo perceptible en la zona o la detección de una evolución anómala en los datos de auscultación.

B. Fichas de control y registro

Cada infraestructura debe disponer de una **Bitácora o Libro de Registro de Explotación e Inspección** digital/físico normalizado.

Las fichas de inspección visual deben contener georreferenciación o sectorización de la estructura (paramento aguas arriba, paramento aguas abajo, coronación, estribos, galerías, cuenco de amortiguación) cuantificando mediante **escalas de gravedad (normal, leve, moderada, grave/crítica)** cualquier indicios de:

- Humedades persistentes, manantiales imprevistos o arrastre de finos (turbidez en drenajes).
- Desplazamientos relativos, peldaños en juntas o agrietamientos en hormigón.
- Erosiones, deslizamientos superficiales o pérdida de cobertura vegetal protectora en materiales sueltos.

C. Revisión de elementos singulares

- **Juntas de dilatación y contracción:** Control de apertura/cierre, estado de los obturadores/waterstops accesibles, sellados de superficie y presencia de flujo de agua libre a través de ellas.
- **Galerías de drenaje y inspección:** Verificación de la operatividad de los colectores de drenaje, ausencia de patologías de colmatación por carbonatación (estalactitas/calcificación de barbacanas o taladros de drenaje), ventilación, iluminación de seguridad y accesibilidad de registros.
- **Juntas de estanqueidad y pantallas:** Revisión de zonas de transición entre hormigón y roca (estribos) o encastrados de pantallas de impermeabilización.

4.3 Explotación y control de los órganos de desagüe

Los órganos de desagüe (aliviaderos en superficie y desagües de fondo) son críticos para la seguridad hidrológica y el vaciado de emergencia. Su falta de disponibilidad por bloqueo mecánico constituye un fallo de alta severidad.

A. Pruebas de funcionamiento y mantenimiento preventivo

- Programa reglado de **accionamiento periódico en vacío o carga parcial** de compuertas y válvulas para evitar gripajes, oxidación de husillos o colmatación por sedimentos.
- Control de los elementos de izado (cabrestantes, gatos hidráulicos, cadenas, guíaderas).

B. Elementos críticos y su casuística

- **Compuertas trabadas (atasco estructural o térmico):**
Causas: Deformación de guías por asentamientos diferenciales de la estructura, dilatación térmica severa, acumulación de troncos/flotantes en la rasilla de la compuerta, o fallo de sincronización en compuertaslevadizas bi-cilindro.
Protocolo de actuación: Accionamiento alternativo por tren motriz de socorro, inspección mediante buzos o ROV si está sumergida, y activación de rutas de desagüe alternativas (desagües de fondo o vertido por coronación si es admisible).
- **Válvulas Howell-Bunger (descarga a chorro con disipación):**
 Control de vibraciones excesivas en la estructura de la cámara de válvulas, cavitación en aperturas parciales prolongadas (erosión de la cesta deflector), estado de los blindajes de hormigón del cuenco de amortiguación y accionamiento de la compuerta mural de guarda asociada.

Sistemas hidráulicos de accionamiento y energía auxiliar:

- Presión de consigna en centrales oleohidráulicas, estado de acumuladores neumáticos/hidráulicos, limpieza de filtros de aceite, control de fugas en latiguillos y **redundancia obligatoria de grupos electrógenos de emergencia** con arranque automático ante fallo de red general de suministro eléctrico.

4.4 Seguridad durante situaciones de avenida y llenados rápidos

Las avenidas representan el test de estrés extremo para la capacidad de evacuación y la estabilidad global.

A. Protocolos en situación de avenida

- **Seguimiento hidrológico en tiempo real:** Integración con el **SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica)** de la cuenca, control de la evolución de la altura de lámina de agua en el embalse (dH/dt) y caudales afluentes estimados.
- **Maniobra de órganos de desagüe según Normas de Explotación:**
 - Priorización de apertura de desagües de fondo y compuertas de aliviadero de acuerdo con las curvas de laminación preconizadas.
 - Control del caudal punta vertido para no agravar los daños aguas abajo más allá de los umbrales de laminación diseñados, salvo riesgo inminente de sobre cerrado y desbordamiento por coronación de la presa.
- Llenados rápidos:
 - Vigilancia intensificada de subpresiones en cimentación, lecturas de piezómetros de respuesta rápida y auscultación de laderas en estribos sometidos a saturación súbita.
 - Restricción de acceso a galerías bajas si se detectan incrementos exponenciales de filtración.

4.5 Introducción al control físico-químico y red básica de datos

Enlace metodológico: Si bien el control visual y operativo analizado en este epígrafe garantiza la integridad mecánica inmediata y la respuesta de maniobra, la **caracterización cuantitativa del comportamiento interno de la estructura (tensiones, deformaciones, subpresiones en masa de cimentación y filtraciones segregadas por redes de aforo)** excede el ámbito de la explotación rutinaria.

No obstante, como interfaz previa a la auscultación instrumental profunda, la explotación de la presa integra:

- **Control físico-químico básico del agua embalsada y de las filtraciones** (conductividad eléctrica, temperatura y turbidez comparada entre agua embalsada y agua aflorada en galerías/drenes), que permite detectar disolución de materiales del cimiento o lavado de finos en pantallas.
- **Red básica de datos meteorológicos e hidrométricos locales** (pluviómetros en cuenca vertiente próxima, limnímetros de aguja o de presión de nivel de embalse en coronación/torre de toma), que alimentan el parte diario de explotación.

5 Normas de explotación y Planes de Emergencia – PAE

Marco normativo de referencia para este epígrafe

- Seguridad y Planes de Emergencia (PAE): Real Decreto 264/2021, de 13 de abril (en particular, Anexo I: Norma técnica de seguridad para la clasificación de las presas y para la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas y sus embalses).
- Normas de Explotación (NEX): Artículo 6 del Real Decreto 264/2021 y Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RD 849/1986, Título VII).

5.1 Contenido obligatorio de las Normas de Explotación de presas y embalses

Las **Normas de Explotación (NEX)** constituyen el manual operativo vinculante que el titular debe redactar, mantener actualizado y aplicar para garantizar que la infraestructura opera dentro de los márgenes de seguridad proyectados. Su exigibilidad se modula en función de la clasificación de la presa (obligatorias con carácter general en Categorías A y B, y adaptadas/simplificadas en C).

Estructura y contenidos mínimos exigidos:

1. Identificación y caracterización: Emplazamiento, titularidad, categoría de riesgo potencial (Anexo I RD 264/2021), cotas características (cimentación, lecho, aliviadero, NMN, NME, coronación) y curvas alimétricas de embalse.
2. Criterios de llenado y vaciado: Límites de velocidad de variación de nivel ($\$dH/dt\$$) para evitar solicitaciones perjudiciales en paramentos y laderas, con especial atención a la primera puesta en carga o vaciados excepcionales.
3. Reglas de maniobra de órganos de desagüe: Pautas operativas en régimen normal y de avenida (curvas de laminación, umbrales de vertido para protección de la presa y acotamiento de caudales aguas abajo).
4. Vigilancia ordinaria y control: Pautas de inspección visual del personal de explotación y límites operativos preliminares para la red de control local.
5. Organización y medios: Responsable de la explotación, dotación de personal de conservación y disponibilidad de energía de accionamiento/emergencia.

5.2 Sistemas automáticos de información hidrológica (SAIH), centros de control y protocolos de comunicación directa

A. El SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica)

- Red de telemedimetría en tiempo real de la Confederación Hidrográfica.
- Estaciones de aforo, pluviómetros en cuenca alta/media, limnímetros de lámina de agua en embalse y sensores de estado de compuertas.
- Proporciona la **modelización predictiva de aportaciones** y el cálculo del caudal punta de llegada al embalse

B. Centros de Control de Cuenca (CCC)

- Sala de explotación centralizada del Organismo de Cuenca que supervisa de forma continua los embalses de su demarcación.
- Coordina la consistencia de los datos del SAIH con los partes de explotación particulares de cada gran presa.

C. Protocolos de comunicación directa con Protección Civil: Emisión reglada del parte de emergencia por parte del Director del PAE de la presa hacia el CCC y el Centro 112, con canales redundantes (satélite, telefonía prioritaria, radioenlaces TETRA/SEMA) para garantizar la transmisión ininterrumpida de la evolución de caudales ($Q_{afluente}$ }, $Q_{vertido}$) y el estado de la infraestructura