

Programa Específico: Instalaciones hidráulicas y plantas potabilizadoras

TEMA 2. Tipos de presas. Elementos fundamentales de las presas. Elementos de desagüe: aliviaderos, válvulas y compuertas. Auscultación de presas.

1.- Tipos de presas.

De acuerdo con el artículo 357 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (en adelante RDPH) se entiende por **presa** aquella estructura artificial que, limitando en todo o en parte el contorno de un recinto enclavado en el terreno, esté destinada al almacenamiento de agua dentro del mismo. Por tanto, una presa es una estructura que tiene por objeto contener el agua en un cauce natural con dos fines, alternativos o simultáneos, según los casos:

1. Elevar su nivel para que pueda derivarse por una conducción (creación de altura).
2. Formar un depósito que retenga los excedentes para suministrar un suplemento en los períodos de escasez (creación de embalse) y amortiguar o laminar las puntas de las crecidas.

Los diversos tipos de presas y balsas responden a las variadas formas de cumplir la doble exigencia de resistir el empuje de agua y evacuar los caudales sobrantes. La importancia relativa de estas dos premisas, las condiciones del terreno y las exigencias de los usos del agua (hidroeléctrico, riego, abastecimiento...) dan lugar a una serie de condicionantes que llevan a la elección del tipo más adecuado en cada caso.

A continuación, se exponen las distintas tipologías de presas según diferentes puntos de vista.

En primer lugar, en cuanto a la **situación del aliviadero**, este puede situarse:

1. **Sobre la misma presa**, en el caso de presas vertedero.
2. **Independiente** de ella.

Y puede ser de **compuertas**, o de **labio fijo**.

En segundo lugar, con respecto a la **forma de resistir el empuje hidrostático**, pueden ser:

1. **Presas de gravedad**, cuando el peso de la presa es notable y contribuye a resistir el empuje hidrostático, distinguiéndose entre:
 - a. **Presas macizas**, que tienen un perfil triangular con suma de taludes del orden de 0,75 a 0,80 (horizontal/vertical) y algo más en terrenos complejos o de alta sismicidad, pero raramente superior a 0,95.
 - b. **Presas aligeradas**, que pretenden emplear mejor el material, distribuyendo la masa de hormigón de forma que se logre un mayor momento de inercia en la sección horizontal. La tipología más empleada es la de **contrafuertes verticales**, ensanchados hacia aguas arriba y formando unas cabezas en T que se unen entre sí para cerrar el paso del agua y recibir su empuje.
 - c. **Presas de materiales sueltos**, que resisten siempre por gravedad, pues su débil o nula cohesión no les permite transmitir los esfuerzos cortantes y

las tracciones que producirían los arcos. 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.

2. **Presas arco**, que resisten transmitiendo el empuje al terreno. Pueden tener curvatura sólo horizontal o doble curvatura, denominándose entonces **presas bóveda o cúpulas**. En ellas se llega a una relación espesor en la base/altura de 0,20 o incluso menos.
3. **Presas arco-gravedad**, un tipo intermedio entre las anteriores.
4. **Presas de bóvedas múltiples**, un tipo mixto formado por una serie de contrafuertes equidistantes de sección rectangular y unas bóvedas que apoyan sobre ellos.

En tercer lugar, según el **material empleado en la construcción**, las presas pueden ser **de materiales sueltos y de fábrica o de hormigón**.

1. En cuanto a las primeras, bajo la denominación de materiales sueltos se agrupan varios tipos formados exclusivamente por materiales naturales, como piedras, gravas, arenas, limos, arcillas y suelos en general. Cuando el material predominante es la piedra gruesa ($> 50\%$), se denominan **presas de escollera**, y cuando los materiales predominantes son térreos o mezclados con gravas o arenas, se denominan **presas de tierras**.

Las presas de materiales sueltos suelen presentar materiales permeables, por lo que precisan de un elemento para cumplir la función de impermeabilidad. Según su posición y el material impermeable, resultan distintos tipos diferentes entre sí, distinguiéndose entre:

- a. **Presas de material uniforme impermeable o presas homogéneas**, en las que se utiliza un mismo material para toda la presa que debe ser suficientemente impermeable. Debido a la escasa resistencia a cortante de estos materiales, emplea taludes bastante tendidos (del orden $1V - 2,50H$) y alturas moderadas (de media unos 30 – 35 metros).
 - b. **Presas de materiales heterogéneos**, en las que se utilizan materiales de distintos coeficientes de impermeabilidad, utilizando los más impermeables en la zona central y empleando materiales con mayor resistencia en los exteriores. Se obtienen taludes más verticales (del orden de $1V - 1,75H$) y se pueden alcanzar grandes alturas (hasta 200 metros).
 - c. **Presas con pantalla o diafragma**, que disponen de una pantalla artificial impermeabilizadora, normalmente de hormigón armado o de materiales bituminosos, ejecutada sobre el talud aguas arriba o en el centro del dique a modo de diafragma.
2. Las presas de fábrica, hoy en día son casi exclusivamente de hormigón, capaz de resistir compresiones y tracciones y de adoptar cualquier forma. La mampostería y el ladrillo han quedado abolidos por su carestía, su menor seguridad y su lentitud de ejecución. Dentro de las presas de hormigón tenemos:

- a. **Presas de hormigón convencional:** emplean hormigón vibrado, y deben construirse por bloques para permitir la evacuación del calor de hidratación.
- b. **Presas de hormigón compactado con rodillo:** que utilizan un hormigón de bajo calor de hidratación que permite su puesta en obra de forma prácticamente continua (utilizando equipos de movimiento de tierras). Para obtener este hormigón se reduce el contenido en cemento que se sustituye por adiciones minerales (principalmente cenizas volantes).

Además, desde un punto de vista normativo (artículo 358 RDPH), las presas se clasifican:

1. Según sus dimensiones:
 - a. **Gran presa:** aquella cuya altura es superior a 15 metros y la que, teniendo una altura comprendida entre 10 y 15 metros, tenga una capacidad de embalse superior a 1 hectómetro cúbico.
 - b. **Pequeña presa:** aquella que no cumple las condiciones de gran presa.
2. En función del riesgo potencial que pueda derivarse de su posible rotura o funcionamiento incorrecto:
 - a. **Categoría A:** Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto pueden afectar gravemente a núcleos urbanos o a servicios esenciales, o producir daños materiales o medioambientales muy importantes.
 - b. **Categoría B:** Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede ocasionar daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un número reducido de viviendas.
 - c. **Categoría C:** Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de moderada importancia y sólo incidentalmente pérdidas de vidas humanas. En todo caso, a esta categoría pertenecerán todas las presas no incluidas en las categorías A o B.

Cabe destacar que de acuerdo con el artículo 367 del RDPH es obligatoria la clasificación de aquellas presas y balsas de altura superior a 5 metros o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m³.

2.- Elementos fundamentales de las presas.

Los elementos fundamentales que se encuentran en la mayoría de los embalses son los siguientes:

1. Cuerpo de presa: se trata del dique que embalsa el río. Como se ha visto, puede ser de hormigón o de materiales sueltos.
2. Aliviaderos: bien sobre el cuerpo de la presa o exentos a ella, permiten el paso de las avenidas sin afectar a la seguridad estructural de la presa.
3. Desagües de fondo y de medio fondo: permiten el vaciado del embalse en caso de ser necesario (por motivos de seguridad), y cuando el caudal ecológico no se satisfaga por las tomas, se hace a través de ellos.
4. Tomas de agua: permiten satisfacer los usos para los que se diseña el embalse (abastecimiento, regadío, hidroeléctrico...). Pueden encontrarse sobre la propia presa, en torres de toma en el paramento aguas arriba (presas de hormigón), en torres de toma exentas (presas de materiales sueltos), ser flotantes...

5. Compuertas: pueden encontrarse en los aliviaderos (no obligatoriamente) o en las conducciones como alternativa a las válvulas.
6. Válvulas: permiten el control y regulación de los desagües y las tomas.
7. Galerías de inspección: que permiten acceder al interior de la presa para conocer su estado (juntas, fisuras, filtraciones) además de colocar los instrumentos de auscultación. También permite el llevar a cabo tratamientos de consolidación del terreno, además de ejecutar la pantalla de impermeabilización y drenaje o tratamientos en el cuerpo de la presa.
8. Pantalla de impermeabilización y drenaje del cimiento: para reducir la subpresión que afecta a la presa (fuerza desestabilizadora ya que intenta que el cuerpo de presa flote) se realiza una pantalla de impermeabilización, para dificultar el flujo de agua por debajo de la cimentación y una pantalla de drenaje para tratar de evacuar el agua.
9. Elementos de drenaje (drenes y galerías que tienen por objeto reducir la presión intersticial) tanto en presas de materiales sueltos (filtros y drenes, principalmente aguas abajo del núcleo) con tal de evitar que los flujos de agua puedan erosionar el interior de la presa, como en presas de gravedad (entre galerías) para evacuar el agua que se filtra desde el paramento aguas arriba.
10. Dispositivos de auscultación: que permiten conocer el estado de la presa.
11. Sistemas de comunicación externa e interna que permiten transferir los datos de auscultación de los equipos de la presa. De acuerdo con el artículo 19.2 de la Norma técnica de seguridad para el proyecto, construcción y puesta en carga de presas y llenado de embalses, los equipos y sistemas de comunicación deberán diseñarse de forma que puedan estar permanentemente operativos, y ser redundantes.
12. Fuentes de energía: de acuerdo con el artículo 20.1 de la Norma técnica de seguridad para el proyecto, construcción y puesta en carga de presas y llenado de embalses, para garantizar el funcionamiento de los órganos de desagüe, la iluminación y demás servicios esenciales de una presa clasificada en las categorías A o B, se dispondrá como mínimo de dos fuentes de energía independientes, una de las cuales estará constituida por uno o varios grupos electrógenos ubicados en lugar seguro, no inundable y con garantía de poder acceder a ellos en cualquier circunstancia
13. Iluminación: de acuerdo con el artículo 20.2 de la Norma técnica de seguridad para el proyecto, construcción y puesta en carga de presas y llenado de embalses, toda presa debe estar debidamente iluminada en su conjunto y, particularmente, sus órganos de desagüe e instalaciones fundamentales. Deberá disponerse de alumbrado de emergencia, como mínimo, en las galerías de inspección y en todos aquellos recintos que alberguen las instalaciones de la presa.
14. Accesos a la presa: de acuerdo con el artículo 19.1 de la Norma técnica de seguridad para el proyecto, construcción y puesta en carga de presas y llenado de embalses, la presa y sus instalaciones estarán dotadas de accesos garantizados, incluso en circunstancias adversas, salvo justificación específica.
15. Oficinas y poblado.

16. Casa del plan de emergencia (de acuerdo con el artículo 19 de la Norma técnica de seguridad para la clasificación de las presas y para la elaboración e implantación de los planes de emergencia de presas y embalses, el titular dispondrá en las inmediaciones de la presa, en lugar no afectado por su hipotética rotura, con acceso garantizado y suministro eléctrico asegurado y redundante, un centro de gestión de emergencias dotado de los medios técnicos precisos para el seguimiento, control y comunicación de la situación de emergencia).

3.- Elementos de desagüe de las presas: aliviaderos, válvulas y compuertas.

Los distintos “órganos de desagüe” u “órganos de alivio” son conceptual y funcionalmente diferentes, lo que lleva a criterios de diseño muy diferentes. Estos órganos son:

1. **Aliviaderos:** su misión es evacuar las avenidas que entren en el embalse sin causar daños en la presa ni aguas abajo.
2. **Desagües profundos:** su misión principal es la de hacer descender el nivel del embalse con varios fines: control de la seguridad del embalse, vaciado funcional, etc.
3. **Desagües de medio fondo o intermedios:** se suelen utilizar para que la operación de los desagües de fondo no se realice con toda la presión del agua con niveles de embalse altos.
4. **Tomas:** su misión es la de dar salida al agua regulada en el embalse, con el fin de cumplir la misión funcional de la presa.

El **aliviadero** es un elemento fundamental, ya que permite el paso del agua sin que la estructura colapse. Por ello, su estudio es muy pormenorizado, siendo habituales los ensayos en modelo reducido para su diseño.

Un aliviadero consta fundamentalmente de tres partes o tramos sucesivos en el sentido del movimiento del agua:

1. Una **toma de agua**, que es una obra destinada a desviar los caudales desde el embalse al aliviadero
2. Una **conducción** que transporta el agua derivada desde la toma a un punto más o menos alejado en el que se reintegra al río.
3. El **reintegro** al cauce, obra situada al final de la conducción, cuyo objetivo es hacer que la restitución al río se haga en condiciones adecuadas para que se disipe sin daños la gran energía cinética que adquiere el agua al descender desde el nivel del embalse hasta el del cauce.

Son estructuras muy variadas que se pueden clasificar.

1. Según su **situación** respecto de la presa, el aliviadero puede estar situado sobre la presa, llamada entonces presa-vertedero, o fuera de ella.
2. Según el **régimen hidráulico** de la conducción, los aliviaderos pueden ser de tres tipos:
 - a. Conducción en lámina libre.

- b. Conducción en presión (de acuerdo con el artículo 10.7 de la Norma técnica de seguridad para el proyecto, construcción y puesta en carga de presas y llenado de embalses, no se permitirán los conductos de desagüe en presión discurriendo a través del cuerpo de una presa de materiales sueltos, a menos que estén situados en el interior de galerías que los aislen del contacto directo con el material de la presa o, si el cimiento lo permite y se justifica adecuadamente, en zanjas excavadas bajo el cuerpo de presa, convenientemente diseñadas, excavadas y hormigonadas posteriormente).
 - c. Conducción mixta.
3. En cuanto a la posibilidad de **control de los caudales** en la toma los aliviaderos pueden ser:
- a. Con vertedero de labio fijo (vertido natural automático, sin control voluntario).
 - b. Con compuertas, que permiten desaguar a voluntad.
 - i. Ventajas: se incorpora parte del embalse laminador a la explotación normal (mayor capacidad de regulación) siendo posible un vaciado preventivo hasta la cota del labio fijo.
 - ii. Desventajas: la rotura de las compuertas podría provocar una avenida intempestiva y además existe el riesgo del funcionamiento incorrecto de las mismas en situación de avenida, poniéndose en peligro la seguridad estructural de la presa.
 - iii. Cabe destacar que de acuerdo con el artículo 10.1 la Norma técnica de seguridad para el proyecto, construcción y puesta en carga de presas y llenado de embalses los elementos de control de órganos de desagüe deberán disponer de dispositivos de accionamiento redundantes, estar alimentados por fuentes de energía independientes y accesos garantizados y controlados en cualquier situación.
4. En función del medio empleado para **disipar la energía**:
- a. Cuencos de resalto.
 - b. Cuencos amortiguadores.
 - c. Trampolín de lanzamiento, con o sin cuenco.
 - d. Aliviaderos escalonados, con o sin cuenco.

Los **desagües** son elementos insustituibles, ya que permiten el vaciado del embalse, lo que es una medida básica de seguridad (si la auscultación muestra comportamientos anómalos, reducir la carga del agua puede ser la medida más eficaz para asegurar la estabilidad de la presa). Pero no es su única función:

- 1. Vaciado del embalse hasta la cota del desagüe y consiguiente control sobre el nivel del agua.
- 2. Limpieza de los sedimentos acumulados en el fondo del embalse en la proximidad de la presa.
- 3. Colaboración en el control del río en la última fase de la construcción.

4. Desagüe y control previo de avenidas (al vaciar previamente el embalse, el resguardo ante una avenida es mayor y la capacidad de laminación del embalse aumenta).

De acuerdo con el artículo 10.5 de la Norma técnica de seguridad para el proyecto, construcción y puesta en carga de presas y llenado de embalses, en las presas clasificadas como A o B en función de su riesgo potencial, los desagües de fondo constarán como mínimo de dos conductos, provistos, cada uno, de, al menos, dos elementos de cierre instalados en serie susceptibles de ser ataguiados en su extremo de aguas arriba, en caso de necesidad. Las grandes presas de categoría C dispondrán al menos de un conducto de desagüe para su vaciado.

La existencia o no de un **desagüe intermedio** dependerá de la altura de la presa. Si la presa es muy alta el desagüe de fondo está sometido a una gran presión, que se traduce en un mayor esfuerzo mecánico de funcionamiento y mayor riesgo de avería. Disponiendo de otro desagüe más alto éste se encargará del control de nivel hasta su cota, funcionando con menor presión que la total.

Las presas necesitan elementos o dispositivos que, de forma controlada, permiten abrir, cerrar, regular o bloquear el paso de agua a través de las conducciones o instalaciones. Estos **elementos de cierre y control** son fundamentalmente de tres tipos:

1. Ataguías (compuertas con menores exigencias funcionales).
2. Compuertas.
3. Válvulas.

Se entiende por **compuerta** todo elemento o dispositivo capaz de detener, dejar libre paso o regular las masas de agua que llegan a una abertura, sumergida o en superficie, o que circulan por una conducción, abierta o cerrada. Se clasifican en función del tipo de movimiento en:

1. Compuertas giratorias: realizan las operaciones de apertura y cierre siguiendo trayectorias curvas, al girar las pantallas sobre ejes horizontales o verticales, según distintos procedimientos de accionamiento. Por ejemplo: compuertas de segmento o taintor, compuertas de sector, compuertas de clapetas...
2. Compuertas deslizantes: están constituidas por tableros de superficie plana, que siguen movimientos en un plano vertical o ligeramente inclinado al umbral de la abertura o al conducto; disponen de mecanismos de rodadura o para disminuir los esfuerzos necesarios para su accionamiento. Por ejemplo: compuertas Stoney, compuertas de vagón, compuertas de oruga...

La misión que cumplen las **válvulas** es análoga a las funciones que realizan las compuertas, si bien las diferencias son notables, desde los aspectos tanto constructivo como de accionamiento o de zonas de utilización. Se instalan siempre en conductos cerrados, generalmente de sección circular o rectangular (al contrario que las compuertas, que también pueden emplearse en conductos, no sólo en aliviaderos).

Los principales tipos utilizados en presas son:

1. **Válvulas de compuerta deslizantes**: sirven como válvulas de seguridad, pero no de regulación (en posiciones de apertura intermedias provocan grandes pérdidas

de carga (no suele ser grave) y se forman turbulencias, remolinos y cavitaciones que afectan al conducto).

- a. Válvula de compuerta convencional.
 - b. Compuertas Bureau (son las más habituales), de paso rectangular y asiento plano (necesita transición de conducto circular a conducto rectangular)
 - c. Compuertas de paso circular y asiento plano.
2. **Válvulas de mariposa:** consisten en un disco, conocido como “lenteja”, que gira un cuarto de vuelta sobre un eje situado diametralmente al cuerpo de válvula. De esta forma, cuando el disco está en posición horizontal, el agua puede pasar, y cuando está en posición vertical, el conducto está cerrado. Tampoco son aptas para aperturas parciales, ya que además de fuertes pérdidas de carga se producen vibraciones y cavitación.
3. **Válvulas esféricas:** se trata de una esfera totalmente ajustada al cuerpo de la válvula que tiene un orificio que la atraviesa, que en posición de abertura da continuidad al conducto y en posición de cierre es perpendicular a este. Al igual que las anteriores, no están diseñadas para regular caudales, sin embargo, su robustez hace que las vibraciones sean prácticamente inexistentes lo que permite su uso con aperturas parciales (es decir, regulando el caudal). Su utilización es mayor en centrales hidroeléctricas que en desagües de fondo.
4. **Válvulas de chorro hueco:** son válvulas que proyectan un chorro de forma anular, y se colocan habitualmente en los conductos de salida para poder regular el caudal que se vierte al río. Constan de un cono recto cuyo vértice apunta hacia el interior del conducto y que en función de su posición provoca una apertura distinta. Son las válvulas adecuadas para regulación de caudales (válvulas de chorro hueco cónico o Howell Bunger).

Otras válvulas, con una función sustancialmente distinta, ya que protegen la tubería frente a fenómenos como el golpe de ariete o la cavitación son:

1. **Ventosa:** flotador que obtura un orificio cuando no existe aire en el interior de la conducción y se abre para dejarlo entrar o salir cuando es preciso.
2. **Válvula descargadora:** su misión es reducir el aumento peligroso de la presión en el interior de la conducción, evacuando un determinado caudal fuera de la misma a partir del momento en el que dicha presión supera un determinado valor.
3. **Válvula de retención** (o antirretorno): son las que solamente permiten la circulación en un sentido. Limitan la propagación de las sobrepresiones, pero no las reducen.

4.- Auscultación de presas.

El comportamiento de una presa es complejo y depende de muchas variables. El proyecto de una presa (cálculo incluido) se hace suponiendo hipótesis previas para la gran cantidad de factores que influyen en su comportamiento. Por ello, durante la construcción y sobre todo en su explotación hay que comprobar cuál es su comportamiento real y ver si es acorde con nuestras previsiones. Esto tiene especial importancia en los primeros años de explotación, y sobre todo en el primer llenado y en el primer vaciado.

Este comportamiento observado es además un elemento fundamental en la evaluación de la seguridad de la presa, ya que los valores de los distintos parámetros medidos nos permitirán saber si están dentro de la normalidad o fuera de ella. Por ello, el artículo 18 de la Norma técnica de seguridad para el proyecto, construcción y puesta en carga de

presas y llenado de embalses establece que la presa, su cimiento, el embalse y los márgenes de éste deberán disponer de equipos de auscultación adecuados para poder analizar su comportamiento de forma periódica y detectar las anomalías que pudieran afectar a su seguridad.

Las **variables a medir** estarán en función de los parámetros que se consideren fundamentales para la seguridad de la presa y para su buen comportamiento. Pueden clasificarse de la siguiente forma:

1. Variables causales (ambientales): nivel del embalse y control meteorológico (temperaturas ambientales, precipitaciones, aforos...).
2. Variables resultantes (respuesta de la estructura a las variables causales):
 - a. Auscultación hidráulica (presiones intersticiales y caudales de filtración).
 - b. Auscultación térmica (en presas de hormigón).
 - c. Auscultación estructural (desplazamientos, deformaciones y tensiones).
 - d. Auscultación sísmica (aceleraciones, velocidades y desplazamientos).

Es imprescindible medir tanto las variables causales como las resultantes para poder establecer relaciones causa – efecto.

En cuanto a las mediciones a realizar tenemos:

1. **Presas de fábrica:**
 - a. Nivel del embalse.
 - b. Temperatura del aire y del agua.
 - c. Desplazamientos horizontales y verticales de la presa.
 - d. Giros.
 - e. Movimientos de juntas, tanto de las funcionales como de las constructivas.
 - f. Formación y evolución de fisuras en el cuerpo y en los paramentos de la presa.
 - g. Desplazamientos horizontales y verticales de la cimentación.
 - h. Movimientos relativos entre la presa y la cimentación.
 - i. Filtraciones en presa y cimientos.
 - j. Filtraciones en laderas.
 - k. Turbidez y análisis químicos de las filtraciones.
 - l. Subpresiones en presa y cimientos.
2. **Presas de materiales sueltos:**
 - a. Nivel del embalse.
 - b. Presiones intersticiales en presa y cimentación.
 - c. Filtraciones en presa y cimentación.
 - d. Nivel freático en cimentación.
 - e. Turbidez en filtraciones.
 - f. Asentamientos de la presa.
 - g. Asentamientos diferenciales de la presa.
 - h. Desplazamientos horizontales de la presa.
 - i. Desplazamientos o fisuras en obras de fábrica (aliviaderos, etc.).

Definidas las variables a controlar, a continuación se exponen los instrumentos para su medida.

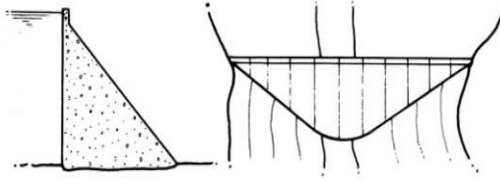
1. Medida de **desplazamientos**:
 - a. Desplazamientos tridimensionales o espaciales: triangulación geodésica (topografía).
 - b. Desplazamientos horizontales o verticales:
 - i. Horizontales: colimaciones y péndulos (directos (anclaje en la parte vertical de la presa; da movimientos relativos) e inversos (anclaje en la cimentación de la presa; da movimientos absolutos si la profundidad en el cimiento es suficiente (aproximadamente 1/3 de la altura de la presa))).
 - ii. Verticales: nivelación de alta precisión.
 - iii. Inclinaciones y giros: clinómetros e inclinómetros.
 - iv. Juntas y fisuras: ternas y medidores tridimensionales.
 - v. Asientos (en presas de materiales sueltos): tubos telescópicos y células hidráulicas de asiento.
 - vi. Contacto cimiento – presa: extensómetros de varillas.
2. Medida de **deformaciones y tensiones**: en presas de hormigón se desea conocer las deformaciones unitarias en distintas direcciones para así conocer el estado tensional de la estructura (a partir de las deformaciones y conocido el módulo de elasticidad). Para conocer esas deformaciones se utilizan rosetas extensométricas (son extensómetros que se colocan en distintas direcciones separadas 45° entre sí).
3. Medida de **presiones totales**: en presas de materiales sueltos se utilizan células de presión total de cuerda vibrante (constituidas por dos placas de acero inoxidable unidas en su perímetro y rellenas de un aceite desaireado).
4. Medida de filtraciones y presiones intersticiales:
 - a. Para medir las **filtraciones** se utilizan:
 - i. Aforadores, que colocados en pequeños canales que recogen las aguas filtradas (en la presa o en las laderas) permiten conocer el caudal a partir de una curva de gasto (que relaciona altura y caudal) asociado a un vertedero (sección en v o en u).
 - ii. Métodos volumétricos (ver cuánto tiempo tarda en llenarse un volumen determinado).
 - iii. Fibra óptica, que no permite conocer el caudal de filtración, pero sí la existencia de la misma y su ubicación. Se miden las variaciones de temperatura en la propia fibra, por lo que un descenso de temperatura puede implicar la existencia de una filtración.
 - b. Para conocer las **presiones intersticiales** se pueden emplear:
 - i. Piezómetros abiertos: miden el nivel de agua, dejando que alcance su altura geométrica sin presión (se utiliza una sonda limnimétrica para conocer a qué profundidad aparece el agua).
 - ii. Piezómetros cerrados, que miden la presión intersticial. Los más utilizados son:

1. Piezómetros de cuerda vibrante (una bobina genera un campo magnético que hace vibrar una cuerda, obteniéndose una frecuencia de oscilación; en función de la presión que hace el agua, la frecuencia de la cuerda varía).
2. Manómetros (se colocan a la salida de un dren cerrado por el manómetro, obteniéndose la presión del agua).
5. Medida de **temperaturas**: se utilizan termómetros embebidos en el cuerpo de presa de hormigón durante la construcción.
6. Y sin ser una medida como tal, también se debe mencionar la **inspección visual** de los elementos fundamentales de la presa, que debe ser continua para poder detectar cuanto antes posibles fisuras, filtraciones, humedades...

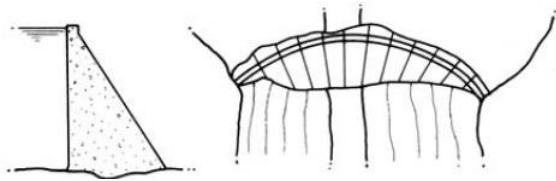
Información complementaria

Tipos de presas:

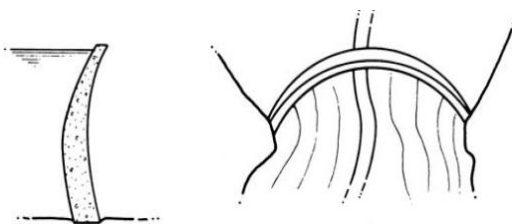
Presa de gravedad



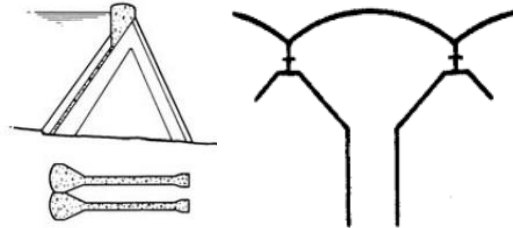
Presa arco gravedad



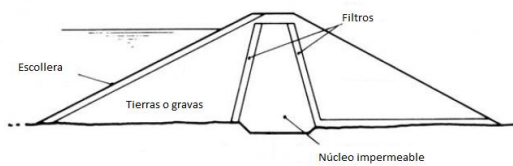
Presa bóveda



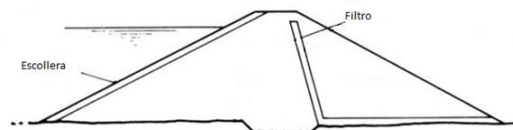
Presa aligerada de contrafuertes



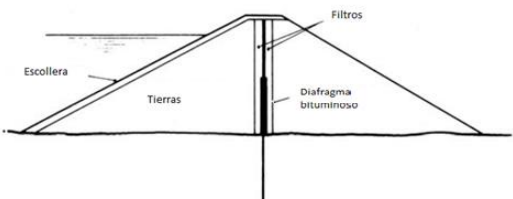
Presa de materiales sueltos con núcleo



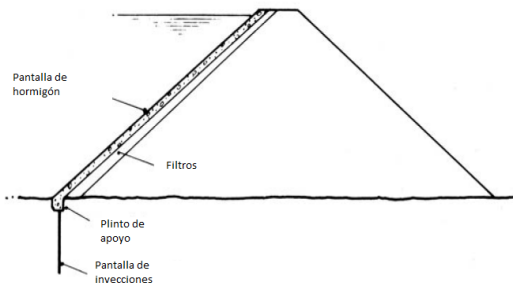
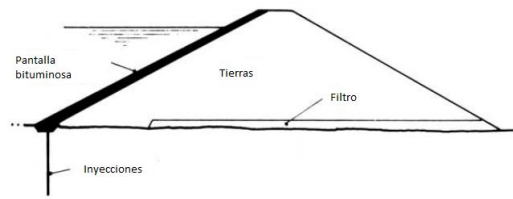
Presa de materiales sueltos homogénea



Presa de materiales sueltos con diafragma



Presa de materiales sueltos con pantalla

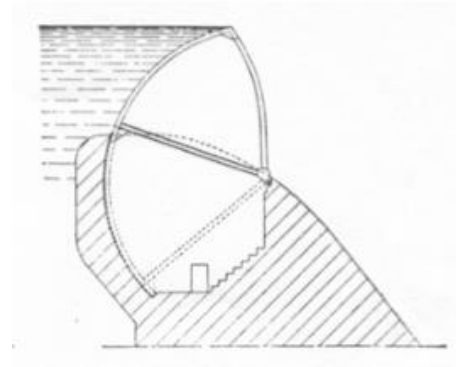
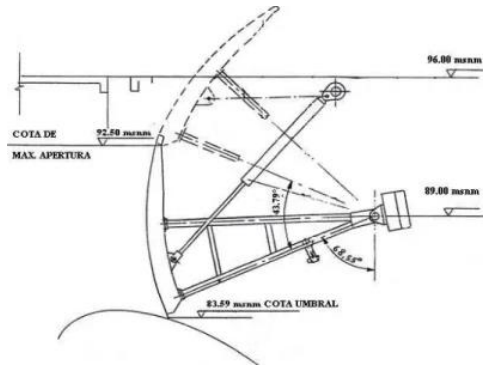


Tipos de compuertas:

Compuertas giratorias

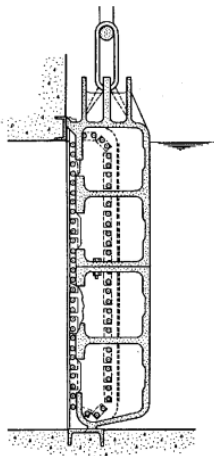
Compuertas de segmento o taintor

Compuertas de sector

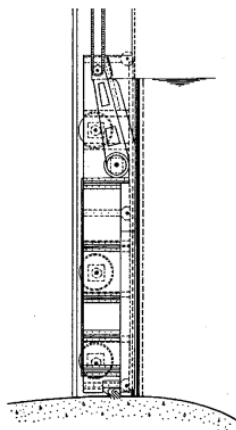


Compuertas deslizantes

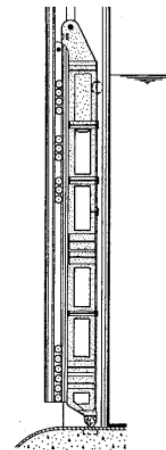
Compuerta de orugas



Compuerta vagón



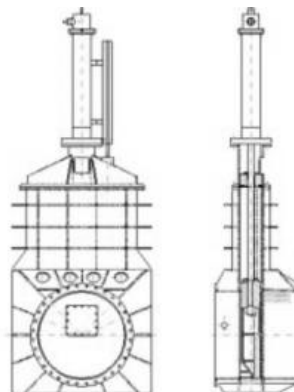
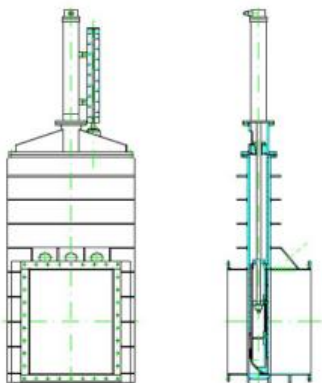
Compuerta Stoney



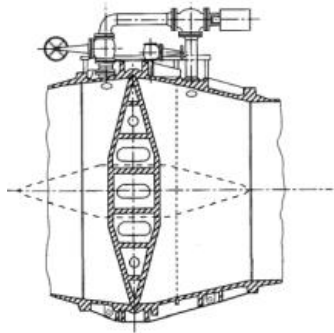
Tipos de válvulas:

Válvula de compuerta tipo Bureau

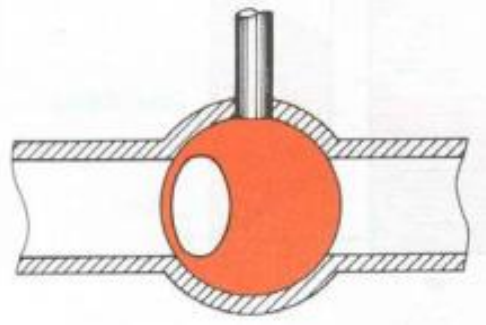
Válvula de compuerta de paso circular y asiento plano



Válvula de mariposa



Válvula esférica



Válvula de chorro hueco

