

**NORMA TÉCNICA DE SEGURIDAD PARA EL PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y PUESTA EN CARGA DE PRESAS Y  
LLENADO DE EMBALSES**

# CAPÍTULO I. DISPOSICIONES GENERALES

## Artículo 1. Objeto

Esta Norma Técnica de Seguridad tiene por objeto establecer los requisitos y condiciones mínimas que deben cumplir las presas en las fases de proyecto, construcción y puesta en carga y llenado de los embalses que cierran, a efectos de garantizar sus condiciones de seguridad.

## Artículo 2. Ámbito de aplicación

Esta Norma Técnica de Seguridad será de aplicación a las presas situadas en cauces y a sus diques de collado que tengan la consideración de grandes presas, así como a las que tengan la consideración de pequeñas presas y hayan sido clasificadas en las categorías A o B.

A los efectos de esta Norma Técnica de Seguridad se entiende por gran presa aquella cuya altura es superior a 15 metros o a la que, con una altura comprendida entre 10 y 15 metros, tiene una capacidad de embalse superior a 1 hectómetro cúbico, y como pequeña presa, la que no cumple ninguna de las condiciones anteriores.

En cuanto a las categorías de clasificación, son las que se establecen en el Artículo 3 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*, y están obligados a solicitarla a la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses los titulares de presas cuya altura sea superior a 5 metros o su capacidad de embalse mayor de 100.000 m<sup>3</sup>, sean públicas o privadas, se encuentren en explotación, en construcción o en fase de proyecto.

## CAPÍTULO II. PROYECTO

### SECCIÓN II. DISPOSICIONES GENERALES Y CONTENIDO DEL PROYECTO

#### Artículo 3. Proyecto

3.1.- Para la construcción de una presa es necesario disponer de un proyecto redactado por un equipo dirigido por un Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, denominado Director del proyecto, que será el responsable de que dicho proyecto cumpla los criterios y condiciones de seguridad exigidos e incluidos en este Capítulo.

3.2.- Todas las obras precisas para la construcción de una presa estarán definidas en su proyecto, que debe contemplar a la misma como una unidad, sin perjuicio de que algunas partes de las obras puedan desglosarse contractual o administrativamente para su realización de forma independiente.

3.3.- El proyecto deberá incluir los estudios técnicos que se citan a continuación, siempre que procedan, adecuándolos en su contenido y grado de detalle a las características propias de cada caso, así como todos aquellos estudios a los que obligue la legislación vigente en el momento de la aprobación del proyecto.

#### a. Estudios generales:

- Objetivos de la presa y del embalse que cierra.
- Geografía, geología y biología de la cuenca.
- Climatología e hidrología.
- Características hidráulicas del cauce situado aguas abajo en las proximidades de la presa y posibles afecciones asociadas a los distintos caudales circulantes por él. Entre los caudales que se estudien deberán figurar, como mínimo, los producidos por la apertura completa de los diferentes órganos de desagüe y tomas, actuando aislada y conjuntamente, encontrándose el embalse en el Nivel máximo normal definido en el Artículo 6º.
- Zonas de riesgo de inundación.
- Datos básicos para la formulación de planes de protección civil.
- Sistemas de comunicaciones existentes.
- Viabilidad técnica de la solución adoptada y comparación con otras posibles.

#### b. Estudios específicos:

- Topografía del embalse y entorno más próximo, de la cerrada y de las zonas afectadas.
  - Geología, geotecnia y sismicidad de la cerrada y vaso, y niveles freáticos e hidrogeología.
  - Análisis de las aportaciones hídricas y su regulación para su aprovechamiento.
  - Curvas de volúmenes y superficies de embalse.
  - Previsión y laminación de las avenidas.
  - Capacidad y análisis hidráulico de los órganos de desagüe.
  - Desvío del río.
  - Caudales mínimos de desagüe.
  - Propuesta de procedencia y características básicas de los materiales de construcción.
  - Estabilidad, resistencia y deformabilidad de las estructuras y sus cimentaciones.
  - Estabilidad de las laderas del vaso y evaluación de su comportamiento frente a las oscilaciones del nivel del embalse.
  - Propuesta de procesos constructivos, plan de la obra y etapas de la construcción.
  - Accesos, comunicaciones y suministro de energía.
  - Auscultación en las fases de construcción, puesta en carga y explotación.
  - Tratamientos y correcciones del terreno a efectuar en la fase de construcción.
  - Estudios de Seguridad y Salud en el trabajo durante la construcción.
  - Criterios para la puesta en carga y embalse en sus distintas fases.
- c. Estudios de la influencia de la presa y embalse en el entorno y en la población:
- Expropiaciones y reposición de servidumbres y servicios y, en su caso, traslado de población.

- Calidad, eutrofización y estratificación del agua.
- Erosión de la cuenca, caudales sólidos y sedimentación en el embalse.
- Efectos sobre el río y su tratamiento.
- Efectos socioeconómicos.
- Efectos sobre el paisaje y el patrimonio artístico y sus tratamientos.
- Efectos sobre la flora y fauna, y sus tratamientos.
- Cumplimiento de la normativa vigente sobre medio ambiente.
- Programa de seguridad, vigilancia y control ambiental.
- Gestión de residuos.
- Acciones de protección de la presa y sus instalaciones.
- Normas de Explotación provisionales.
- Clasificación en función de los riesgos potenciales originados por su posible rotura o funcionamiento incorrecto.
- Plan de Emergencia.

3.4.- La Administración hidráulica competente será la encargada de aprobar el proyecto antes del inicio de la construcción, previo informe de la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses, de acuerdo con lo previsto en el Artículo 362.2 b) del Reglamento de Dominio Público Hidráulico.

3.5.- La fase de proyecto finalizará en el momento en que se dé inicio a la construcción de la presa.

## SECCIÓN II. AVENIDAS Y DESAGÜES

### Artículo 4. Estudio de avenidas

4.1.- Se evaluarán los hidrogramas de las previsible avenidas afluentes al embalse, junto con la caracterización estadística de sus probabilidades de ocurrencia. Se analizarán, asimismo, las avenidas históricas.

4.2.- Se analizará y evaluará la incidencia de los caudales desaguados por los embalses situados aguas arriba.

4.3.- Se justificará el grado de fiabilidad de las metodologías utilizadas en el proyecto para la determinación de las diferentes avenidas y su adecuación a las características de la cuenca vertiente al embalse.

### Artículo 5. Avenidas a considerar

5.1.- Los criterios básicos para la selección y determinación de las avenidas a considerar en el proyecto serán la categoría en la que sea clasificada la presa y la tipología de ésta.

5.2.- Se considerarán dos avenidas afluentes al embalse, que serán seleccionadas de entre las determinadas en el Estudio de avenidas indicado en el artículo anterior, de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. Avenida de proyecto. Es la avenida a tener en cuenta para el dimensionamiento de los órganos de desagüe y las estructuras de disipación de energía.
- b. Avenida extrema. Es la mayor avenida que la presa debe soportar sin llegar a producirse su desbordamiento, salvo los casos que se indican en el Artículo 7.4. Supone un escenario límite al cual puede estar sometida la presa, en el que se pueden admitir márgenes de seguridad más reducidos.

Estas avenidas se refieren a las avenidas de entrada al embalse, y para el dimensionamiento de los órganos de desagüe se tendrá en cuenta el efecto de laminación producido en el mismo.

5.3.- Para el dimensionamiento del sistema de desvío del río durante la construcción de la presa se determinará una Avenida de construcción, en función de los riesgos asumibles durante el periodo de ejecución de las obras.

### Artículo 6. Niveles

6.1.- En el proyecto se establecerán y justificarán los niveles que se definen a continuación:

- a. Nivel máximo normal (NMN). Es el máximo nivel de retención de agua que se alcanza en el embalse cuando todos los elementos mecánicos de los órganos de desagüe se encuentran cerrados.
- b. Nivel de Avenida de proyecto (NAP): A partir del NMN, es el máximo nivel que alcanzará el agua en el embalse, considerando su acción laminadora, durante el paso de la Avenida de proyecto.
- c. Nivel de Avenida extrema (NAE): A partir del NMN, es el máximo nivel que alcanzará el agua en el embalse, considerando su acción laminadora, durante el paso de la Avenida extrema.

En el proceso de laminación se podrán tener en cuenta la capacidad de todos los elementos de desagüe (aliviaderos principales y de emergencia, diques fusibles, desagües de medio fondo y de fondo, etc.), siempre que esté asegurado su correcto funcionamiento en situaciones de avenida. En cuanto a las tomas de explotación, en general no se considerará su contribución, y, en caso contrario, deberá justificarse su fiabilidad y correcto funcionamiento en situaciones de avenida.

6.2.- En las presas de laminación cuyos órganos de desagüe carezcan de dispositivos de cierre, se analizarán las situaciones derivadas de la obstrucción fortuita de los mismos.

6.3.- Asimismo en el proyecto, con vistas a la construcción de la presa, se definirán los siguientes niveles para el embalse creado por la ataguía:

- El máximo nivel de retención de agua, en situación normal.
- El máximo nivel que alcanzará el agua durante el paso de la Avenida de construcción, empleando para su laminación todos los órganos de desagüe de que disponga el sistema de desvío del río.

### Artículo 7. Resguardos

7.1.- El resguardo se define como la diferencia entre el nivel del agua en el embalse en una situación concreta y la coronación de la presa, o la de su elemento impermeable en el caso de las presas de materiales sueltos. En las presas de esta tipología se tendrán en cuenta además sus posibles asientos.

7.2.- Con el embalse lleno hasta el NMN, el resguardo, además de ser suficiente para el desagüe de las avenidas, será superior a la máxima sobreelevación de los oleajes que puedan producirse bajo la acción combinada de viento y sismo.

7.3.- Durante el paso de la Avenida de proyecto, el resguardo será superior a la máxima sobreelevación del oleaje originada por la acción del viento.

7.4.- Durante el paso de la Avenida extrema se admitirá un agotamiento parcial o total del resguardo, con las siguientes condiciones:

- a. En las presas de materiales sueltos, se tendrá en cuenta la máxima sobreelevación del oleaje originada por la acción del viento, y no se admitirán vertidos sobre la coronación, salvo que estén específicamente proyectadas para ello.
- b. En las presas de fábrica sólo se admitirán vertidos accidentales sobre la coronación debido a las sobreelevaciones del oleaje producidas por la acción del viento. En todo caso, se justificará que tales vertidos no comprometen la seguridad de la presa.

**Artículo 8. Períodos de retorno**

8.1.- Las avenidas de proyecto y extrema se seleccionarán, en función de la categoría de la presa y una vez evaluada la evolución del riesgo en el tiempo, de tal forma que se garanticen unos periodos de retorno para los niveles de Avenida de proyecto y de Avenida extrema iguales o superiores a los que se indican en la Tabla I.

**Tabla I.- Períodos de retorno a considerar para los niveles de las avenidas de proyecto y extrema (en años)**

CATEGORIA DE LA PRESA	NIVEL AVENIDA DE PROYECTO	NIVEL AVENIDA EXTREMA	
		PRESAS DE FABRICA	PRESAS DE MATERIALES SUELTOS
<b>A</b>	1.000	5.000	10.000
<b>B</b>	500	1.000	5.000
<b>C</b>	100	500	1.000

8.2.- La Avenida de construcción se seleccionará de tal forma que la probabilidad de superación del máximo nivel admisible del embalse creado por la ataguía durante el plazo de ejecución de las obras, para una estimación prudente de dicho plazo, sea la que figura en la Tabla II, en función de la categoría de la presa.

**Tabla II.- Probabilidades de superación del máximo nivel admisible del embalse de la ataguía**

CATEGORIA DE LA PRESA	PROBABILIDAD DE SUPERACION	
	PRESAS DE FABRICA (%)	PRESAS DE MATERIALES SUELTOS (%)
<b>A</b>	≤ 10	≤ 5
<b>B</b>	≤ 20	≤ 10
<b>C</b>	≤ 25	≤ 20

**Artículo 9. Capacidad de los órganos de desagüe**

9.1.- Los órganos de desagüe se dimensionarán en función de las avenidas definidas en el Artículo 5, y con los niveles y resguardos especificados en los Artículos 6 y 7.

9.2.- Se comprobará que el funcionamiento de los órganos de desagüe en condiciones límite, para la Avenida extrema, no compromete la seguridad de la presa.

9.3.- Los desagües intermedios y de fondo de las presas se dimensionarán de forma que puedan facilitar el control del nivel del embalse, en particular durante su primer llenado.

**Artículo 10. Control de los órganos de desagüe**

10.1.- Los elementos de control de los órganos de desagüe deberán estar proyectados de tal forma que se asegure su funcionamiento en cualquier situación y, en particular, en situaciones de avenida. Deberán disponer de dispositivos de accionamiento redundantes, estar alimentados por fuentes de energía independientes, según se señala en el Artículo 20, y accesos garantizados y controlados en cualquier situación. En cualquier caso, se deberá asegurar que los elementos de control de los órganos de desagüe presentan una alta fiabilidad.

10.2.- Los gálibos y la luz entre pilas de los vanos de los aliviaderos de superficie estarán diseñados para permitir el paso de los elementos flotantes que puedan llegar al embalse durante las avenidas.

10.3.- Los aliviaderos controlados exclusivamente por compuertas deberán disponer, como mínimo, de dos vanos.

10.4.- Las compuertas de los aliviaderos deberán permitir el sobrevertido sobre ellas en condiciones de seguridad para todos sus mecanismos.

10.5.- En las presas clasificadas en las categorías A o B, 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.

10.6.- 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.

10.7.- Se evaluarán los posibles escenarios de averías que pudieran producirse durante la explotación en los órganos de desagüe, analizando sus consecuencias y adoptando las medidas pertinentes. En todo caso, en los aliviaderos controlados por compuertas se analizará la situación de que un 25% de ellas se encuentre fuera de servicio, o una, como mínimo, cuando se presente la Avenida de proyecto.

### **SECCIÓN III. SOLICITACIONES**

#### **Artículo 11. Comprobación estructural**

11.1.- En el proyecto se comprobará el comportamiento estructural de la presa y de sus obras anejas ante las solicitaciones actuantes y sus posibles combinaciones, y se razonarán y justificarán los niveles de seguridad que se adopten en cada caso según la categoría en la que se clasifique la presa, sus dimensiones y tipología, así como el tipo de solicitación, su probabilidad de ocurrencia y su permanencia en el tiempo.

11.2.- Las acciones a considerar actuando sobre la presa, serán las siguientes:

- Peso propio.
- Carga hidrostática.
- Presiones intersticiales.
- Efectos térmicos.
- Empuje de los sedimentos.
- Efecto del oleaje.
- Efectos sísmicos.
- Empuje del hielo.

- Y las particulares que procedan en cada caso.

11.3.- Las acciones se clasificarán en permanentes o variables, dependiendo de su alcance temporal. Para cada acción variable, se definirá su valor normal, su valor accidental y, cuando sea necesario, su valor extremo.

Son estados accidentales de las principales acciones variables los siguientes:

- Avenida de proyecto.
- Sismo de proyecto.
- Fallo del sistema de drenaje.
- Desembalse rápido.

En embalses cerrados por presas de materiales sueltos y cuya explotación normal implique descensos de nivel con velocidades superiores al coeficiente de permeabilidad medio del espaldón de agua arriba, la situación de desembalse rápido será calificada como "acción normal".

11.4.- Las acciones se combinarán entre sí, atendiendo a su probabilidad de presentación y a su permanencia en el tiempo, dando origen, en general, a los tipos de situaciones de proyecto siguientes:

- a. Situaciones Normales: Corresponden al peso propio, al empuje hidrostático y a las presiones intersticiales, al empuje de los sedimentos, a los efectos térmicos y del viento y del hielo, y a cualquier combinación de estas mismas acciones que se pueda presentar en el tiempo de forma persistente, con el embalse en distintos niveles, con límite en el Nivel máximo normal (NMN).
- b. Situaciones Accidentales: Resultarán de la combinación de las acciones permanentes y variables tomando sólo una de éstas el valor accidental.

Corresponden al peso propio, al empuje hidrostático y a las presiones intersticiales y su aumento anormal, al empuje de los sedimentos, a los efectos térmicos y del viento máximo y del hielo, a la acción del Seísmo de proyecto, a la carga hidrodinámica del embalse y a cualquier combinación de estas que se pueda presentar en el tiempo con duración limitada y con el embalse en distintos niveles, con límite en el Nivel de la Avenida de proyecto (NAP).

No se considerará la presentación simultánea de la Avenida de proyecto y del Seísmo de proyecto.

En las presas de materiales sueltos se considerará además la situación de desembalse rápido. También se analizarán el efecto de las solicitaciones y su combinación en las distintas etapas de construcción.

c. Situaciones Extremas:

Resultan de la combinación de acciones permanentes y variables tomando sólo una de estas el valor extremo y el resto su valor normal.

Corresponden al peso propio, al empuje hidrostático y a las presiones intersticiales y su aumento anormal, al empuje de los sedimentos, a los efectos térmicos y del viento máximo y del hielo, a la acción del Seísmo extremo, a la carga hidrodinámica del embalse y a cualquier combinación de éstas que se pueda presentar en el tiempo con duración limitada y con el embalse en distintos niveles, con límite en el Nivel de la Avenida extrema (NAE).

No se considerará la presentación simultánea de la Avenida extrema y del Seísmo extremo.

En las presas de materiales sueltos se considerará además la situación de desembalse rápido.

Se consideran también como situaciones extremas aquellas en las que dos acciones variables toman simultáneamente su valor accidental y el resto su valor normal.

**Artículo 12. Solicitaciones hidráulicas**

12.1.- El empuje hidrostático sobre la presa se considerará que actúa íntegramente hasta el punto más bajo de la cimentación de cada bloque, en el caso de las presas de fábrica, o hasta el punto más bajo del elemento impermeable en el de las de materiales sueltos.

12.2.- Deberán estudiarse en cada hipótesis los procesos de generación y disipación de las presiones intersticiales en el cimiento y cuerpo de presa.

12.3.- En las presas de materiales sueltos, y en las cimentaciones susceptibles de ser erosionadas, se cuidará particularmente el diseño de filtros y drenes para evitar la aparición de fenómenos de erosión interna.

**Artículo 13. Solicitaciones sísmicas**

13.1.- Se tendrán en cuenta las acciones sísmicas sobre la presa y sobre el embalse, de conformidad con la actividad sísmica de la región en la que se ubica el embalse.

13.2.- La presa se comprobará para los seísmos que se definen a continuación, justificándose en todo caso la metodología utilizada para considerar el efecto hidrodinámico del agua del embalse sobre la presa y sus estructuras anexas.

a. Seísmo de proyecto: Es el seísmo máximo a tener en cuenta en la comprobación de la estabilidad de la presa, de sus elementos y de las márgenes del embalse.

b. Seísmo extremo: Es el mayor seísmo que la presa debe soportar. Supone un escenario límite al cual puede estar sometida la presa sin que se produzca su rotura, si bien admitiendo márgenes de seguridad más reducidos.

13.3.- Los periodos de retorno a considerar para los seísmos de proyecto y extremo no serán inferiores a los que se indican en la Tabla III.

**Tabla III.- Periodos de retorno mínimos a considerar para los seísmos de proyecto y extremo.**

CATEGORIA DE LA PRESA	SISMICIDAD		
	MUY BAJA $a_b \leq 0.04g$	BAJA Y MODERADA $0.04g < a_b < 0.20g$	ALTA $a_b \geq 0.20g$
A	N.A.	SP = 1.000 años	
		SE = 5.000 años	SE = 10.000 años
B	N.A.	SP = 1.000 años	
C	N.A.	SP = 1.000 años	

$a_b$  = aceleración básica (10% de probabilidad de excedencia en 50 años) usada para la definición cualitativa de la actividad sísmica local.

N.A. = No aplica.

SP = Seísmo de proyecto.

SE = Seísmo extremo.

13.4.- A falta de información específica, los parámetros sísmicos básicos serán los indicados en la Norma de Construcción Sismorresistente en vigor para los periodos de retorno indicados.

13.5.- En las presas de Categoría A situadas en zonas de alta sismicidad se realizará un estudio sismotectónico específico en el que se justificará el Seísmo extremo adoptado y se analizará el comportamiento dinámico de la presa ante su presentación.

13.6.- En las presas que por las características sismotectónicas del emplazamiento y las dimensiones del embalse pueda preverse la generación de una sismicidad inducida, se

indicarán las acciones oportunas para establecer la correspondiente vigilancia, analizando los efectos del posible seísmo.

#### Artículo 14. Solicitaciones térmicas

14.1.- En las presas de fábrica se incluirá en el proyecto un estudio térmico.

14.2.- En las presas de tipología bóveda de simple o doble curvatura se justificará la distribución de temperaturas adoptada en el cuerpo de presa en cada una de las hipótesis de cálculo. Se evaluarán las temperaturas máximas de colocación del hormigón, así como el efecto de los sistemas de refrigeración y la temperatura de inyección de las juntas. Asimismo se analizarán los movimientos y estados tensionales para diferentes épocas del año y diferentes niveles de embalse.

#### Artículo 15. Coeficientes de seguridad

15.1.- Para cada una de las situaciones de proyecto definidas en el Artículo 11.4, se determinará el grado de seguridad que presenta la presa.

15.2.- El valor admisible de los coeficientes de seguridad se establecerá en función de la categoría en la que se haya clasificado la presa, una vez evaluada la evolución del riesgo en el tiempo, y teniendo en cuenta, además, el grado de fiabilidad en la estimación de las sollicitaciones, parámetros resistentes y metodologías que intervengan en el cálculo.

15.3.- El proyectista justificará razonadamente, mediante un estudio específico, los coeficientes de seguridad referentes a la estabilidad de la presa. En todo caso, dichos coeficientes no serán inferiores a los que figuran en la siguiente Tabla IV.

**Tabla IV.- Coeficientes de seguridad mínimos relativos a la estabilidad de la presa**

	CATEGORIA DE LA PRESA		
SITUACION	A	B	C
Normal	1,4	1,4	1,3
Accidental	1,3	1,2	1,1
Extrema	> 1,0	> 1,0	> 1,0

15.4.- El proyectista justificará razonadamente, mediante un estudio específico, los coeficientes de seguridad mínimos respecto a las tensiones efectivas del cuerpo de las presas de fábrica. En todo caso, dichos coeficientes no serán inferiores a los valores que se indican en la Tabla V.

**Tabla V.- Coeficientes de seguridad mínimos relativos a las tensiones efectivas en el cuerpo de presas de fábrica**

SITUACION	CATEGORIA DE LA PRESA		
	A	B	C
Normal	3,0	2,5	2,0
Accidental	2,0	2,0	1,5
Extrema	1,5	1,5	1,2

#### **SECCIÓN IV. EL TERRENO Y LOS MATERIALES**

##### **Artículo 16. El embalse y la cerrada**

16.1.- Deberán analizarse las características topográficas, geológicas, hidrogeológicas y geotécnicas del terreno de la cerrada y embalse. El alcance de las investigaciones y estudios a realizar será tal que permita caracterizar los terrenos afectados por la presa y los correspondientes al vaso del embalse, y obtener los parámetros de cálculo necesarios para evaluar la resistencia, deformabilidad, permeabilidad y estabilidad físico-química del terreno.

16.2.- Los parámetros resistentes a emplear en los cálculos corresponderán a los valores característicos (aquellos que tienen una probabilidad del 95% de no ser inferiores) y se justificarán con un número suficiente de ensayos, además de con otros métodos indirectos que redunden en una mayor robustez de la estimación.

16.3.- Dada la dispersión natural que presenta la cohesión de los macizos rocosos y la de las características resistentes del contacto presa-cimiento, se adoptarán valores conservadores de estas últimas para la comprobación de la estabilidad al deslizamiento de las presas de fábrica.

16.4.- Se comprobará la estabilidad del conjunto presa-terreno teniendo en cuenta sus características geomorfológicas, geotécnicas y tectónicas y, en particular, todas las peculiaridades que el cimiento pudiera presentar.

16.5.- Se investigará si en las márgenes del embalse existen terrenos con riesgo de inestabilidad que pudieran provocar deslizamientos de las laderas, al variar rápidamente el nivel del agua. En este caso se estudiarán las condiciones de estabilidad de las laderas,

particularmente ante situaciones de desembalse rápido, analizándose la posible obstrucción del embalse por la masa deslizada y la generación de ondas en el mismo.

#### **Artículo 17. Materiales**

17.1.- Para la construcción de las presas deberán emplearse materiales cuyas propiedades intrínsecas, su puesta en obra y su evolución en el tiempo sean susceptibles de control.

17.2.- El proyecto deberá definir los materiales a emplear, determinar su procedencia, localización geográfica y los volúmenes disponibles, establecer las características que deben cumplir y concretar los procedimientos para su comprobación y control. Los materiales deberán ensayarse y las unidades de obra se ejecutarán conforme a las especificaciones del proyecto.

17.3.- En los cálculos se usarán los valores característicos de los parámetros resistentes de los materiales. Si no existiese base estadística suficiente para establecer tales valores, éstos se asignarán mediante estimaciones conservadoras a partir de los datos disponibles.

17.4.- Se analizará la evolución de los materiales con el tiempo con objeto de prever su envejecimiento y la posible modificación de sus propiedades, en tanto en cuanto pudieran afectar a la seguridad.

### **SECCIÓN V - MEDIDAS COMPLEMENTARIAS DE SEGURIDAD**

#### **Artículo 18. Auscultación**

18.1 - La presa, su cimiento, el embalse y las 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.

18.2.- Se procederá a la identificación y análisis de los potenciales modos de fallo del sistema presa-embalse y se vinculará a ellos el sistema de auscultación a disponer.

18.3.- Los sistemas de auscultación deberán permitir desde el inicio de la construcción obtener información del comportamiento de la presa y el embalse que cierra, mediante el control y seguimiento de, al menos, las siguientes variables:

- Precipitaciones.
- Temperaturas.
- Nivel del embalse.
- Caudales drenados y filtraciones.

- Presiones intersticiales y totales.
- Deformaciones y movimientos.
- Actividad sísmica, cuando las circunstancias lo requieran.

#### **Artículo 19. Accesos y sistemas de comunicación**

19.1.- La presa y sus instalaciones estarán dotadas de accesos garantizados, incluso en circunstancias adversas, salvo justificación específica.

19.2.- Los equipos y sistemas de comunicación deberán diseñarse de forma que puedan estar permanentemente operativos, y ser redundantes.

#### **Artículo 20. Energía e iluminación**

20.1.- 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.

20.2.- 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.

## CAPÍTULO III. CONSTRUCCION

### Artículo 21. Construcción

21.1.- El comienzo de la fase de construcción de una presa precisará, por parte de la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses, que el proyecto esté aprobado y que se haya designado por parte del titular el Director de construcción con titulación de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

21.2.- Durante la construcción de una presa se dispondrá permanentemente de equipos de vigilancia y control que comprobarán que los materiales utilizados en la obra, los medios y métodos de construcción y las dimensiones de las obras cumplen las previsiones del proyecto, que la maquinaria empleada resulta adecuada y que las obras se ejecutan con la calidad requerida y con los condicionantes establecidos en el proyecto.

21.3.- Durante la ejecución de las obras de una presa se realizará un seguimiento y control de su comportamiento y evolución en función de los datos suministrados por el sistema de auscultación instalado y por las inspecciones realizadas.

21.4.- Durante esta fase se corroborará y se complementará la información incluida en el proyecto sobre el terreno y los materiales, y otros aspectos como el clima, el río y su entorno. Si como consecuencia de esta información adicional hubiera que introducir modificaciones en el proyecto, en los procesos constructivos o en el plan de obra, tales modificaciones se someterán a lo establecido en el Capítulo II de la presente Norma Técnica de Seguridad.

21.5.- En la fase de construcción se constituirá el Archivo Técnico de la presa, formado por el proyecto, las modificaciones introducidas al mismo, la documentación sobre las características reales de los materiales empleados en su construcción, del terreno de cimentación y de los tratamientos realizados, la cartografía geológica y geotécnica de detalle, los controles realizados sobre la calidad de la obra, los informes periódicos elaborados sobre todos estos temas y la información sobre el comportamiento de la presa, así como los documentos, datos e incidencias observados durante la construcción.

21.6.- Las ataguías y los posibles embalses parciales originados durante su construcción, en épocas de aguas altas, estarán sometidos a los mismos requerimientos de seguridad exigidos a la presa principal durante su construcción, aunque considerando las circunstancias específicas de plazo y riesgo.

21.7.- Finalizadas las obras, el Director de construcción elaborará una Memoria de las mismas que se incorporará al Archivo Técnico de la presa.

21.8.- La fase de construcción finalizará con el reconocimiento por parte de la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses de que la presa

ha sido ejecutada de acuerdo con el proyecto aprobado, y sus eventuales modificaciones posteriores también aprobadas.

## **CAPÍTULO IV. PUESTA EN CARGA DE PRESAS Y LLENADO DE EMBALSES**

### Artículo 22. **Puesta en carga**

22.1.- La puesta en carga de una presa y el llenado del embalse que cierra, una vez que se esté en condiciones de embalsar de forma controlada, deben entenderse como una fase singular de transición entre el final de la construcción y el comienzo de la explotación.

22.2.- Antes del inicio de la puesta en carga el titular de la presa redactará un programa del proceso de puesta en carga, que someterá a la aprobación de la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses. Durante el desarrollo del mismo los criterios de seguridad prevalecerán sobre cualquier otro aspecto.

22.3.- Para iniciar la puesta en carga de una presa, su titular designará un Director de la misma y un equipo técnico responsable de la gestión del programa de puesta en carga.

22.4.- La puesta en carga podrá ser total o parcial y con las obras terminadas o sin terminar, analizándose estas posibilidades en el correspondiente programa. En caso de fuerza mayor, en que la puesta en carga sobreviniera, parcial o totalmente, sin la previa designación del Director específico para esta fase, el Director de la construcción se encargará de su control.

22.5.- La puesta en carga de la presa sólo podrá iniciarse cuando se disponga de la pertinente aprobación de la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses. En las presas de categorías A o B, para poder iniciar la fase de puesta en carga, tendrá que estar aprobado e implantado el Plan de Emergencia de la presa.

22.6.- El programa de puesta en carga, total o parcial, contemplará los siguientes aspectos:

- Evolución probable del nivel de embalse.
- Escalones de llenado que permitan la auscultación y el análisis de sus resultados.
- Máximos ritmos recomendables en las variaciones de nivel del embalse.
- Análisis de la capacidad de desagüe para controlar los niveles en el embalse.
- Comprobaciones y observaciones a realizar.
- Informes de comportamiento a realizar.
- Previsión de actuaciones a adoptar y estrategia a seguir en situaciones extraordinarias.

22.7.- En las presas de laminación cuyos órganos de desagüe carezcan de dispositivos de cierre, y en las que, por las características excepcionales con las que se presentan las aportaciones a su embalse, no sea físicamente posible realizar una puesta en carga planificada, se establecerá un programa especial de controles y observaciones a realizar cuando sobrevengan las correspondientes avenidas.

22.8.- El Director de la puesta en carga, a la vista del desarrollo de esta fase de la vida de la presa, podrá proponer modificaciones en el programa de puesta en carga aprobado, que para poder llevarse a cabo deberán ser autorizadas, con carácter previo, por la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses. Igualmente, el Director de la puesta en carga comunicará a la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses todas las incidencias que se produzcan durante el desarrollo de la misma y redactará al final de ella una Memoria que se incorporará al Archivo Técnico de la presa junto con el programa de puesta en carga.

22.9.- La Memoria del proceso de puesta en carga se presentará ante la Administración competente en materia de seguridad de presas y embalses, a quien corresponderá aprobar y dar por finalizada dicha fase.