

PONENCIA BASE DEL COMITE NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS SOBRE LA INSTRUCCION PARA PROYECTO, CONSTRUCCION Y EXPLOTACION DE GRANDES PRESAS

CAPITULO I

Criterios fundamentales

ARTÍCULO 1.º — *Ámbito de aplicación y excepciones.*

1.1. A los efectos de la aplicación de la presente Instrucción, tendrán la consideración de grandes presas todas aquellas en las que concurra alguna de las características siguiente:

- a) Que su altura sea superior a 30 m., produciendo un embalse superior a 1.000.000 de m.³.
- b) Que haya sido así clasificada en la concesión, porque dada su situación puede producir en los tramos de río poblados, en caso de rotura, efectos más perjudiciales que una avenida de probabilidad normal de una vez cada cien años.

1.2. A la vista de las circunstancias específicas que en cada caso particular concurren, el buen criterio del Ingeniero autor del Proyecto, Director de las Obras o Director de Explotación, podrá justificar razonadamente la sustitución del cumplimiento estricto de alguna de las normas contenidas en la Instrucción, por otras capaces de asegurar los mismos resultados. La Dirección General de Obras Hidráulicas resolverá discrecionalmente, en última instancia, los casos dudosos.

ARTÍCULO 2.º — *Definiciones.*

2.1. Por *máximo nivel normal del embalse* se entiende la cota máxima que el agua puede alcanzar en él en circunstancias normales, sin verter por los aliviaderos.

2.2. Por *máximo nivel de embalse en crecidas* se entiende la cota máxima que el agua puede alcanzar cuando ocurre la mayor crecida previsible, funcionando el aliviadero a su plena capacidad.

2.3. *Cota de coronación* es la más elevada de la estructura resistente de la presa.

2.4. *Altura de presa* es el desnivel entre la cota de coronación y la del punto más bajo de la superficie general de cimientos, excluyendo de ésta la correspondiente a las obras locales, tales como rastrillos, pantallas de impermeabilización y rellenos de grietas y oquedades.

ARTÍCULO 3.º — *Clasificación de las presas.*

3.1. A los efectos de aplicación de las presentes normas, las presas se clasifican en los siguientes tipos:

A) *Presas de fábrica.*

- a) De gravedad: 1. Macizas.
2. Aligeradas (contrafuertes).
- b) En arco (tipos bóveda y cúpula).

- c) Mixtas: Bóveda y cúpulas múltiples, pantallas con contrafuertes, bóveda con estribos de gravedad.

B) *Presas de materiales sueltos.*

- a) De tierra.
- b) De escollera.

C) *Presas de materiales mixtos.*

D) *Presas de tipo especial.*

3.2. Las normas de carácter general contenidas en esta Instrucción, serán aplicables a todos los tipos de presas. Cada tipo particular deberá cumplir, además, las prescripciones de carácter específico que para él se establecen en el capítulo correspondiente.

3.3. En las presas mixtas que resultan de la combinación de dos partes de distinto tipo, cada una deberá cumplir con las normas particulares que le corresponden.

3.4. Cuando se pretenda construir una presa de tipo especial, no asimilable a ninguno de los corrientes, en el Proyecto deberán justificarse cumplidamente las razones que abogan en favor del tipo escogido, demostrando que el grado de seguridad alcanzado no es inferior al que se prescribe en esta Instrucción para las presas de tipos ordinarios. El Proyecto deberá incluir, además, la especificación y justificación detallada de las normas particulares que deben seguirse durante la construcción y explotación de las obras.

3.5. Análogo criterio se seguirá cuando para la construcción de presas de tipo normal se preconice en el Proyecto la adopción de procedimientos constructivos especiales con empleo de técnicas no reguladas por la presente Instrucción.

ARTÍCULO 4.º — *Unidad de la obra.*

4.1. Al proyectar, construir o explotar una presa, deben considerarse conjunta y simultáneamente, todos aquellos elementos que constituyen con la presa propiamente dicha una unidad orgánica por influir sobre sus condiciones de seguridad.

4.2. De modo muy particular se consideran incluidos en esta categoría los elementos siguientes:

- a) El terreno que forma el vaso del embalse.
- b) Los terrenos de cimentación y apoyo de estribos que deberán considerarse como prolongaciones de la estructura resistente.
- c) Los dispositivos de observación del comportamiento funcional y de la vigilancia en la explotación y control técnico de la estructura.
- d) Los aliviaderos, desagües de fondo y tomas de agua.
- e) Los sistemas de impermeabilización y drenaje, tanto en la presa como en cimientos y laderas.

f) Las instalaciones de telecomunicación e iluminación, especialmente en las casetas de mecanismos, galerías de visita, etc.

4.3. Todos estos elementos deberán estar estudiados y justificados en el Proyecto, si bien, tal Proyecto General puede ser completado, una vez iniciadas las obras, con los proyectos de detalle correspondientes a los apartados d), e) y f).

4.4. Deberán, además, considerarse todos los elementos que resulten imprescindibles para la construcción, explotación y vigilancia de la presa, como son las vías de enlace, el sistema de desviación, tomas de agua y las centrales eléctricas o condiciones de las mismas, en tanto cuanto dada su situación pueden afectar a la estructura y cimentación de la presa.

ARTÍCULO 5.º — *Unidad de las fases de ejecución.*

5.1. Las tres fases de proyecto, construcción y explotación, por las que sucesivamente pasan las obras, tampoco deben concebirse y considerarse aisladamente. Por el contrario, las informaciones previas, estudios y cálculos recopilados en el Proyecto, deben completarse, ampliarse y contrastarse con la realidad durante la fase de construcción; en la de explotación, deben aprovecharse las experiencias obtenidas con objeto de disponer acerca del comportamiento de la presa y del terreno, previendo cualquier riesgo eventual con anticipación suficiente para poder adoptar los oportunos remedios.

Es, además, muy recomendable que de la experiencia particular obtenida en la construcción y explotación de cada presa aislada, quede constancia, utilizable posteriormente, para el perfeccionamiento de las teorías generales.

Para conseguir estos resultados es muy recomendable un estrecho contacto y comunicación de informaciones entre los Ingenieros que sucesivamente dirijan las fases de Proyecto, Construcción y Explotación de las obras.

ARTÍCULO 6.º — *Protección de los intereses nacionales.*

6.1. Por los daños catastróficos que de la ruina de una gran presa se seguirían, y por destinarse a aprovechar aguas y terrenos de dominio público, su construcción afecta siempre a los intereses nacionales, que en todo caso deben quedar salvaguardados.

6.2. En consecuencia, al proyectar, construir y explotar las presas, tanto por parte del Estado y Organismos públicos, como por los particulares, deben tenerse presentes las siguientes normas:

- a) Buscar la seguridad de las obras contra toda normal contingencia de daños graves, evitando innecesarios encarecimientos de coste.
- b) Dirigir la explotación de las obras de forma que se logre el aprovechamiento máximo de todo aquello que pueda contribuir a incrementar la riqueza nacional, aunque tenga carácter secundario respecto del fin principal a que la presa se destina, siempre que ello pueda conseguirse sin perjuicio de este último.

c) Cuidar el aspecto estético de las obras en relación con el paisaje que las rodea.

ARTÍCULO 7.º — *Seguridad de la presa y economía de las obras.*

7.1. Es fundamental garantizar en todo momento la seguridad de las obras, sin que ello redunde en elevaciones de coste no justificadas.

7.2. A tal fin, resulta imprescindible proceder con el siguiente orden:

A) Obtener antes de proyectar las obras una completa y detallada información acerca de:

- a) Las características topográficas, fisiográficas, geológicas y sismológicas, especialmente las que influyen sobre su estabilidad, resistencia e impermeabilidad o que de cualquier otra manera puedan afectar a la seguridad de las obras.
- b) Las características hidrológicas del río, así como las climatológicas de la región.
- c) Los materiales de construcción disponibles, tanto en su aspecto técnico como en el económico.

B) Considerar atentamente las eventualidades y riesgos que puedan producirse durante la construcción o explotación y preverlos de antemano.

C) Deducir de los anteriores datos y consideraciones el tipo de presa más adecuado, es decir, el que sea capaz de garantizar la seguridad de las obras con el mínimo coste.

D) Cuidar la calidad de la obra durante su ejecución para asegurar el cumplimiento de todas las hipótesis del Proyecto.

E) Establecer las directrices generales de un programa de explotación para el caso de contingencias extraordinarias (averías, avenidas normales y catastróficas, etcétera).

F) Vigilar el comportamiento de las obras a lo largo del tiempo a fin de comprobar que se mantiene el grado de seguridad previsto, o en caso contrario tomar las medidas necesarias.

CAPITULO II

Normas generales para el proyecto de presas.

ARTÍCULO 8.º — *Proyecto y Anteproyecto.*

8.1. La construcción, recrecimiento o modificación de las presas, deberá llevarse a cabo con arreglo a un Proyecto previo, el cual habrá de definir los distintos elementos integrantes de la presa, según se reseñan en el artículo 4.º, con precisión suficiente para que las obras puedan construirse bajo la dirección de otro Ingeniero distinto del proyectista.

8.2. Este Proyecto, en el plazo reglamentario de seis meses, deberá ser examinado por las autoridades competentes del Ministerio de Obras Públicas, aprobándose si se adapta a las condiciones de la orden de Concesión y a las de esta Instrucción o señalándose objeciones, que deben subsanarse en un Proyecto Reforma-

do, en caso de no cumplirse algunas de dichas condiciones.

8.3. Pasado el plazo de seis meses a partir de la presentación del Proyecto, se supondrá que no existen objeciones a la aprobación del Proyecto, en caso de no haberse comunicado al Servicio correspondiente o al Concesionario, pudiendo, en consecuencia, ejecutarse las obras de acuerdo con el Proyecto presentado.

8.4. A los solos efectos de inclusión en los planes oficiales, así como para tramitar las concesiones administrativas, será suficiente la presentación de un Anteproyecto. Sin embargo, aun en estos casos, será preceptiva la redacción y aprobación oficial del Proyecto antes de autorizarse la construcción de la presa. Las obras e instalaciones auxiliares necesarias (accesos, alojamientos, desviaciones del río, reconocimientos, etc.), podrán iniciarse antes de la aprobación del Proyecto de la presa, pero siempre de acuerdo con las condiciones y plazos de la concesión.

ARTÍCULO 9.º — *Trabajos y ensayos previos.*

9.1. La recopilación de los datos e informaciones básicas mencionadas en el apartado A) del artículo 7.º, deberán completarse con la antelación necesaria para que queden incorporados al Proyecto.

9.2. Aunque para la redacción del Proyecto debe recopilarse la información y realizarse los ensayos necesarios para la definición, será conveniente completar los ensayos de Laboratorio y sobre el terreno, para confirmar o corregir los supuestos del Proyecto.

9.3. En tal caso, será obligatorio presentar los resultados de dichos ensayos e informaciones como justificación a las modificaciones que se propongan.

ARTÍCULO 10. — *Composición del Proyecto.*

10.1. El Proyecto constará de los siguientes documentos:

- a) Memoria.
- b) Planos.
- c) Pliego de Condiciones Facultativas.
- d) Presupuestos.

ARTÍCULO 11. — *Memoria.*

11.1. La Memoria deberá justificar las características de todas y cada una de las obras proyectadas.

11.2. Se indicarán en ella los datos previos, métodos de cálculo y ensayos efectuados, cuyos detalles y desarrollos se incluirán en Anejos separados.

11.3. La Memoria debe tratar los siguientes temas, con la profundidad y detalle que aconsejen la importancia y circunstancias de cada presa:

- a) Referencia al Anteproyecto, si lo hubiere, justificando las modificaciones introducidas respecto a él.
- b) Estudio geológico del terreno en orden a la estabilidad de la obra que se proponga y a la impermeabilidad del cierre y embalse.

- c) Estudio de la disponibilidad de materiales de construcción adecuados.
- d) Estudio hidrológico, que debe incluir el de las aportaciones anuales y el de las máximas riadas previsibles, justificando la capacidad de los órganos de desagüe.
- e) Justificación de la solución adoptada, frente a otras posibles soluciones, si la obra de la presa ha de realizarse con cargo a fondos del Estado.
- f) Estudio estructural de estabilidad y resistencia de la presa y de los elementos que la forman.
- g) Estudio hidráulico que justifique los órganos de desagüe para la explotación y de avenidas.
- h) Previsión y dispositivos de control y vigilancia de la obra y el terreno, tanto durante la construcción como en explotación.
- i) Normas que deberán tenerse en cuenta al elaborar el reglamento de Explotación, en especial las pertinentes a la prevención de riesgos catastróficos.
- j) Plazos de construcción, incluyendo los de las ataguías y desviación del río.

ARTÍCULO 12. — *Planos.*

12.1. En el documento de planos, además de los especialmente requeridos por las particularidades del Proyecto, deben figurar los correspondientes a los siguientes apartados:

- a) Situación del embalse, en escala no inferior a 1 : 100000, indicando los caminos de acceso al mismo.
- b) Plano de la cuenca alimentadora y la zona de agua abajo que pudiera ser afectada por la obra.
- c) Planos del embalse con equidistancia de curvas no superior a 5 m. y a una escala que a ser posible no sea inferior a 1 : 5000. En todos los planos se señalará el Norte verdadero.
- d) Perfil longitudinal del río en la zona del embalse y la inmediata agua abajo, señalando en ésta los niveles de agua normales, de estiaje, y de avenidas ordinarias y extraordinarias.
- e) Plano de la cerrada, en escala no inferior a 1 : 5000, señalando en él la situación de los puntos fijos de referencia, previamente establecidos. El plano de la cerrada no se limitará a los terrenos ocupados por las obras, sino que deberá extenderse lo suficiente para que queden reflejados en él todos los accidentes geográficos o geológicos que hayan determinado la ubicación de la presa, de forma que ésta quede justificada. Este plano deberá abarcar los terrenos necesarios para el emplazamiento de las instalaciones de obra.
- f) Plano general de replanteo señalando los ejes principales adoptados para definir la posición de cada elemento de obra. La posición de estos ejes debe quedar inequívocamente enlazada con los puntos fijos de referencia.
- g) Secciones típicas de la presa, aliviadero y demás elementos suficientes para definirlos con entera claridad, representando en ellas el terreno y sus

accidentes geológicos con todo detalle. En este plano figurarán los detalles constructivos de la presa y de su cimentación, con indicación de las modificaciones que deban introducirse a la vista del terreno que aparezca una vez realizada la excavación.

- h) Plantas y alzados a escalas convenientes de las obras e instalaciones complementarias, incluidos los órganos de desagüe, ataguías y disposiciones para la desviación provisional del curso de agua durante la construcción.
- i) Planos de los dispositivos de control y vigilancia, incluyendo la situación recomendada de los aparatos de auscultación, péndulos, galerías, conductos de vigilancia y seguridad, drenaje y referencias para efectuar medidas topográficas de precisión, etc.
Se señalarán los lugares apropiados, a juicio del proyectista, para efectuar el control de filtraciones, medidas de presión intersticial, nivel freático u otra clase de pruebas que se consideren de interés. Las indicaciones de este plano no tendrán carácter definitivo hasta que se comprueben una vez ejecutadas las excavaciones.
- j) Plano demostrativo de la viabilidad de los accesos a todos los lugares de la obra para facilitar las inspecciones.
- k) Planos geológicos del vaso y de la cerrada.
- l) Planos de las posibles canteras.

12.2. Todos los planos deben presentarse en un formato manejable, a ser posible con dimensiones normalizadas, para facilitar su utilización en obra.

ARTÍCULO 13. — *Pliego de Condiciones.*

13.1. El Pliego de Condiciones que regulará la ejecución de la obra y las pruebas previstas, dispondrá en forma de articulado, entre otras materias, las correspondientes a los apartados siguientes:

- a) Descripción de cada una de las partes de la obra, especificando los materiales que en su construcción hayan de emplearse.
- b) Procedencia de los materiales y ensayos a que deben someterse.
- c) Normas para la elaboración de las distintas fábricas y precauciones necesarias durante la construcción.
- d) Programación de obra.
- e) Pruebas de control de calidades y métodos para realizarlas.
- f) Previsión de inyecciones.

ARTÍCULO 14. — *Presupuestos.*

14.1. Deberán contener el estado completo de mediciones de los distintos elementos de las obras, los cuadros de precios unitarios, los presupuestos parciales de cada elemento y el presupuesto general de la totalidad de las obras.

14.2. La justificación de los precios unitarios adoptados, se incorporará al Proyecto en uno de los Anejos a la Memoria y se procurará evitar, en lo posible, el uso de partidas alzadas.

ARTÍCULO 15. — *Estudio geológico. Reconocimientos y pruebas en el terreno.*

15.1. El estudio geológico del terreno con relación a la obra, se realizará previamente a la redacción del Proyecto, por el Ingeniero autor del mismo, asistido, si fuera necesario, por expertos en esta materia.

15.2. Aparte del estudio geológico del terreno juzgado desde su superficie y en aquellos casos en que la calidad del terreno o la importancia de la obra lo requieran, se realizarán reconocimientos directos en profundidad.

15.3. En toda ocasión el estudio geológico significará explícitamente la adecuación del tipo y altura de la estructura proyectada.

15.4. En el examen del Proyecto en cuestión por la Administración Superior, se incorporará el informe del Servicio Geológico de Obras Públicas, el cual propondrá, en los casos que considere precisos, las ampliaciones o nuevas orientaciones en el estudio, que deba acometer el Concesionario o el Servicio correspondiente.

15.5. Sobre las características sísmicas de la zona en que se ubique la presa, se referirá el Proyecto al grado con que figura en el Mapa Sísmico de España. En los casos en que la clasificación zonal parezca discutible, la Administración requerirá el certificado del Centro oficial correspondiente, con confirmación o nueva clasificación en su caso.

ARTÍCULO 16. — *Ensayo previo de materiales.*

16.1. Los materiales fundamentales cuya utilización se prevea en la construcción de la presa, deben analizarse previamente, para comprobar que sus características resultan adecuadas a las condiciones de trabajo previstas en el Proyecto.

16.2. Los resultados de estos estudios previos se incorporarán al Proyecto, en forma de anejo.

ARTÍCULO 17. — *Estudio climatológico.*

17.1. Es preceptiva la inclusión en el Proyecto de un estudio de las características climatológicas que influyan en las hipótesis de cálculo, de las cuales se hará un registro directo, siempre que sea posible y la importancia de la presa lo aconseje.

17.2. Cuando a juicio de la Administración las características climatológicas puedan influir en forma excepcional sobre las hipótesis de cálculo; será preceptivo que el conocimiento de las mismas aparezca recogido en el Proyecto, bien por registro directo en el emplazamiento mismo, bien por asimilación justificada de información obtenida en zonas próximas o semejantes.

ARTÍCULO 18. — *Estudio hidrológico.*

18.1. Deberá acompañarse un estudio hidrológico, que abarque como temas fundamentales los dos siguientes:

- a) Aportaciones del río en relación con la regulación posible con el embalse, y

b) Máxima riada previsible, en relación con las características del aliviadero.

18.2. Para elaborarlo, deberán recopilarse cuantos datos de aforo se posean, sometiéndolos a un análisis crítico, y teniendo presentes las conclusiones del estudio climatológico.

18.3. El estudio hidrológico se extenderá, si hay lugar, al régimen de las aguas subterráneas de la región, y a las posibles alteraciones del nivel freático.

18.4. Debe procurarse que la determinación de la máxima riada previsible no se base exclusivamente en la aplicación de fórmulas empíricas.

18.5. Si se dispone de una estadística suficiente de crecidas registradas, se procurará analizarla para determinar la función de distribución de probabilidades del caudal máximo de crecida, a fin de extrapolar los resultados a la previsión de crecidas en períodos más largos que los abarcados por la estadística.

18.6. En todos los casos se establecerán correlaciones con otras cuencas análogas, a ser posible del mismo río o de ríos próximos, en los que se disponga de estadística suficiente, introduciendo las correcciones necesarias para tener en cuenta las diferencias entre las cuencas respectivas.

18.7. Se recomienda realizar, asimismo, un estudio pluviométrico de las avenidas para su contraste con los restantes resultados, ponderándolos cuidadosamente debido a los errores inherentes al método.

ARTÍCULO 19. — *Elección del tipo y características de la presa.*

19.1. En el caso de no haberse justificado en el Anteproyecto la elección del tipo de presa, se justificará en la Memoria comparando las diversas soluciones convenientes en su doble aspecto estructural y económico, considerando en éste el plazo de entrada en servicio de la presa.

19.2. Las consideraciones geológicas y la clase de materiales naturales disponibles en las proximidades de la obra, tendrán en la mayoría de los casos un peso decisivo en la elección. Análoga importancia habrá de concederse muchas veces al condicionamiento que sobre el tipo de presa pueden establecer las exigencias del aliviadero.

19.3. Cuando la finalidad principal del embalse sea la regulación de caudales o el control de crecidas, el volumen de aquél y, en consecuencia, la altura de la presa, deberán justificarse desde el punto de vista económico, mediante el estudio de los costes y beneficios marginales de la regulación conseguida.

ARTÍCULO 20. — *Aliviadero.*

20.1. La capacidad de desagüe de los aliviaderos se determinará para que, como mínimo, se pueda evacuar sin graves riesgos el caudal de la máxima avenida cuya frecuencia de probabilidad sea de una vez cada quinientos años, de acuerdo con los resultados del estudio hidrológico.

20.2. En el caso de que el aliviadero esté dotado de compuertas, se procurará que haya, al menos, dos,

a fin de prevenir el caso de posibles averías, y las soluciones de emergencia que en este caso deben adoptarse, se estudiarán detenidamente, formulándose las oportunas recomendaciones para su posterior incorporación al Reglamento de Explotación.

20.3. Será preceptivo el estudio de la evacuación de la avenida con probabilidad de una vez cada cien años estando averiada y cerrada una de las compuertas si la presa es de fábrica y dos si es de materiales sueltos.

20.4. En este estudio se tendrá en cuenta:

- a) La capacidad del embalse.
- b) Los resguardos entre el nivel normal y el de crecidas.
- c) Las posibilidades de salvar, con sistemas de emergencia, incluso por voladura, el atrancamiento de la compuerta.
- d) La posibilidad de volar una parte de la presa parada para ello, que se convierte así en un aliviadero de labio fijo.

20.5. En todos los casos se tendrá en cuenta que el riesgo de producir riadas intempestivas es mayor que la consecuencia de una avería en una compuerta con la presentación de la riada máxima, ya que por no ser previsible que esta riada se presente de un modo inesperado, las compuertas estarán en funcionamiento antes de la presentación de la máxima avenida.

20.6. Convendrá estudiar, teniendo en cuenta los resguardos previstos sobre el nivel normal del embalse, la posibilidad de coordinar la explotación normal del embalse, con la amortización de crecidas, siempre que con ello no se mermen los beneficios del fin para que se ha construido la presa.

20.7. Los casos en que se presenten problemas de importancia en el aliviadero o en otros órganos de desagüe, se estudiarán mediante ensayos en colaboración con un laboratorio oficial o en laboratorio particular de reconocida solvencia, cuyo resultado se tendrá en cuenta para la posible presentación de modificaciones.

20.8. Lo mismo que las compuertas de los desagües profundos, las de los aliviaderos podrán maniobrarse con energía procedente al menos de dos fuentes distintas.

20.9. Se proyectarán los aliviaderos de modo que se limiten las erosiones en el cauce y laderas agua abajo de la presa, o que se produzcan a suficiente distancia de la presa, para que no puedan afectar a su estabilidad ni a la de otras construcciones.

ARTÍCULO 21. — *Desagües de fondo y aligeramiento.*

21.1. Los desagües profundos deben servir para controlar la velocidad de llenado del embalse, y para permitir el vaciado total del mismo en un tiempo prudencial.

21.2. Es preceptivo disponer desagües de este tipo en número de dos o superior, tal que sumados y con el nivel de máximo embalse normal puedan evacuar un caudal triple del modular del río en el emplazamiento.

21.3. Las tomas que por su cota y garantía de servicio tengan el carácter de desagües profundos podrán computarse a estos efectos hasta un caudal doble del modular.

21.4. En caso de presas con reducida capacidad de embalse respecto a las aportaciones del río podrá justificarse en el Proyecto la reducción de la capacidad de los desagües profundos por debajo de la norma señalada y tener en cuenta la posibilidad de colaborar al control del nivel del embalse, manejando las compuertas del aliviadero.

21.5. Los desagües de fondo deberán estar dotados de un doble sistema de cierre.

21.6. Se proyectarán los desagües profundos de modo que puedan funcionar en perfectas condiciones de seguridad bajo cualquier carga de agua hasta el nivel máximo del embalse. Para ello, de las compuertas de desagües, situadas agua abajo, deberá salir la lámina de agua perfectamente aireada.

21.7. Las compuertas de cierre de los desagües deberán poderse operar a mano y mecánicamente.

21.8. El Proyecto recogerá los puntos esenciales que en los que al manejo de los desagües concierne, hayan de incorporarse al Reglamento de Explotación.

ARTÍCULO 22. — *Centrales de pie de presa.*

22.1. Cuando el embalse haya de alimentar una central hidroeléctrica, en el Proyecto deberán figurar los datos fundamentales referentes al régimen previsto para su explotación, al equipo de maquinaria cuya instalación se prevé y los caudales máximos que se van a utilizar.

22.2. Todo elemento de la central o de sus circuitos de alimentación y desagüe que de alguna manera pueda tener influencia en las obras de la presa o de sus elementos auxiliares (aliviadero, desagüe, etc.), se definirá suficientemente en el Proyecto de la presa.

ARTÍCULO 23. — *Dispositivos de control y vigilancia.*

23.1. En las presas importantes deben proyectarse los dispositivos necesarios para conocer el comportamiento de la estructura, debiendo especificarse en el Proyecto cuáles han de ser tales dispositivos.

23.2. En el Proyecto de la presa deberán indicarse los criterios, para aforo de las posibles filtraciones, tanto a través de la obra de fábrica como del terreno. En el curso de la obra y primera fase de explotación, se señalarán los lugares más adecuados para emplazar los dispositivos de aforo de filtraciones.

23.3. En las presas en las que las subpresiones puedan ejercer una influencia considerable sobre la estabilidad de la estructura, deberá preverse un sistema de comprobación de las presiones intersticiales en los puntos que se considere más interesante.

23.4. En las presas en arco con juntas entre bloques y en las de planta recta, cuyas dimensiones aconsejen la ejecución de cada bloque, en varias etapas, es recomendable que en el Proyecto se prevea la colocación de termómetros de control de la temperatura del cuerpo de presa.

23.5. Deben preverse asimismo las observaciones y medidas que respecto al comportamiento de la presa deban realizarse en las distintas fases de la construcción, incluyendo los ensayos con embalses parciales.

23.6. Los accesos a los puntos importantes, especialmente a las cámaras de mando de válvulas y compuertas y a las galerías de visita, serán fácilmente practicables, a fin de hacer posible una inspección eficaz. En particular, las galerías de visita y cámaras de mando estarán debidamente iluminadas.

ARTÍCULO 24. — *Instalaciones de aforo.*

24.1. Deberán preverse en el Proyecto las instalaciones y dispositivos necesarios para aforar tanto los caudales afluentes al embalse que tengan importancia apreciable, como los desaguados de él.

24.2. La base fundamental de los aforos la constituirá el registro de las variaciones de los niveles del embalse. A tal fin, en la misma presa o en sus proximidades, pero fuera de la zona afectada por los aliviaderos, se instalará un dispositivo limnimétrico.

24.3. Su alcance deberá extenderse a todas las cotas de embalse comprendido entre los niveles máximo y mínimo de explotación.

24.4. Se determinarán con toda la precisión posible las curvas de volúmenes de embalse y de desagüe de los aliviaderos.

24.5. Cuando éstos estén dotados de compuertas, se definirán las características de desagüe en función de la apertura de aquéllas y de la cota de agua, tabulando los resultados o representándolos gráficamente por medio de ábacos. Se recomienda confirmar los resultados del cálculo por medio de ensayos en modelo reducido.

24.6. Los aforos de los caudales desaguados por las centrales hidroeléctricas podrán determinarse en función del salto bruto y de la energía producida por los grupos, habida cuenta del rendimiento global de las instalaciones.

ARTÍCULO 25. — *Plazos y procedimientos de construcción.*

25.1. En el Proyecto deben fijarse los límites de los plazos de ejecución del conjunto de la obra y de cada una de sus partes principales, así como los rendimientos mínimos de puesta en obra de hormigones, mamposterías o tierras compactadas en el cuerpo de la presa, para limitar el número de juntas o interrupciones de construcción en los tajos.

25.2. En relación con lo establecido en el párrafo anterior, se exigirá en el Pliego de Condiciones que el constructor debe presentar su propuesta de instalaciones y medios auxiliares, relación de maquinaria prevista y programa de ejecución de la obra.

25.3. En el Proyecto se preverá la desviación del río y orden de ejecución de los elementos de la presa en lo que afecte a la evacuación de las crecidas probables.

ARTÍCULO 26. — *Comunicaciones y obras auxiliares*

26.1. Se preverán, en líneas generales, los accesos convenientes para la buena construcción y conservación de la obra.

26.2. Salvo justificación especial, deberá asegurarse la conexión telefónica directa o indirecta con los servicios de explotación y con la red general.

ARTÍCULO 27. — *Anteproyectos.*

27.1. El anteproyecto justificará en líneas generales la factibilidad de la obra, en sus aspectos técnico y económico, en forma análoga al Proyecto, pero con un desarrollo somero. Se omitirá el Pliego de Condiciones y la justificación de los precios, considerándose normal el uso de partidas alzadas.

27.2. Los levantamientos topográficos se harán con suficiente aproximación, señalando referencias precisas en el emplazamiento de la presa. Será preceptivo un reconocimiento e informe geológico de los terrenos del embalse, del emplazamiento de la presa y de aquéllos donde se proyecta construir las obras de interés especial. En el caso de que a juicio de la Inspección estos aspectos no quedan suficientemente aclarados en el estudio geológico presentado, se complementarán durante el período de confrontación con el resultado de reconocimientos complementarios e incluso de los sondeos imprescindibles. Los ensayos de materiales se reducirán al mínimo indispensable para cubrir la finalidad del anteproyecto.

ARTÍCULO 28. — *Aprobación del Proyecto.*

28.1. Los técnicos competentes de la Dirección General de Obras Hidráulicas encargados de la revisión del Proyecto, comprobarán si se ajusta a las Normas vigentes. El Pliego de Condiciones será objeto de una atención especial. En el caso de que exista alguna deficiencia subsanable, por cuestión de forma o por quedar algún documento incompleto, propondrá la rectificación pertinente.

28.2. La Dirección General de Obras Hidráulicas, a la vista de los trámites e informes pertinentes, resolverá sobre la aprobación del Proyecto, imponiendo las prescripciones que estime procedentes. Si transcurriera el plazo de seis meses a contar de la presentación del Proyecto sin haber dictado prescripción alguna, se entenderá que a efectos de ejecución de las obras, el Proyecto ha quedado aprobado.

28.3. Las modificaciones que se pretendiera introducir en la obra ajustada al Proyecto aprobado, antes o durante su construcción, deberán ser notificadas previamente al Organismo oficial encargado de la inspección, el cual podrá autorizarla si estima no son modificaciones importantes o, en caso contrario, tramitará a la Superioridad la solicitud de modificación.

CAPITULO II

Normas generales para la construcción de presas.

ARTÍCULO 29. — *Ingeniero Director de la obra.*

29.1. En el caso de las obras ejecutadas por el Es-

tado a través de las Confederaciones Hidrográficas o Servicios de Obras Hidráulicas, el Ingeniero encargado de la misma asume su dirección con las funciones y responsabilidades a que se refiere el presente capítulo, pero dentro de la jerarquía, disciplina y reglamentación estatal.

29.2. Cuando la obra se construya por un particular o concesionario, éste mantendrá preceptivamente al frente de la construcción un Ingeniero Director responsable de la ejecución de la misma, de acuerdo con el Proyecto. Siempre que necesite ausentarse deberá delegar previamente sus funciones en otro Ingeniero o en Técnico suficientemente capacitado.

29.3. La Comisaría de Aguas podrá autorizar, en obras de importancia reducida o en fases determinadas de una obra cualquiera, que por su simplicidad no requieran una dirección superior permanente, que el Ingeniero Director de la obra lleve simultáneamente la dirección de otros trabajos ajenos a la misma, lo que podrá ser considerado como justificación de la ausencia prolongada a que se refiere el artículo siguiente, pero nunca como eximente de la delegación de funciones en otro Ingeniero o Técnico capacitado.

29.4. El Ingeniero Director de la obra será nombrado, separado y sustituido libremente por el propietario o concesionario de la misma. Deberá hacer constar por escrito la aceptación del cargo, en documento que el propietario remitirá a la Dirección General de Obras Hidráulicas, a través del Organismo competente. Asimismo, cuando se produzca el cese del Ingeniero Director, el propietario vendrá obligado a comunicar lo antes posible a la Dirección General de Obras Hidráulicas, el nombre del que deba sustituirlo y la conformidad escrita del interesado. Temporalmente, se hará cargo de la obra la persona en quien se venían delegando las funciones durante las ausencias del Ingeniero Director. El plazo de vigencia de esta situación transitoria lo fijará la Administración de acuerdo con la importancia de la obra y su situación en aquel momento.

29.5. Una vez nombrado y mientras continúe en el cargo, el Ingeniero Director de la obra gozará de la máxima autoridad, aunque dentro de la jerarquía, disciplina y reglamentación de la empresa concesionaria. Tal jerarquía deberá ser definida oficialmente por el concesionario a petición de la Administración.

ARTÍCULO 30. — *Libro registro de la construcción, partes y boletín de información.*

30.1. Desde el comienzo de la construcción, el Ingeniero Director de la obra se hará cargo del Libro Registro de la Construcción, foliado, diligenciado y sellado previamente por la Dirección General de Obras Hidráulicas, en donde anotará la fecha en que se hace cargo de la obra y el esquema de la organización técnica del concesionario, si lo hubiera, de acuerdo con la organización jerárquica de su Sociedad. El personal de la Inspección anotará en dicho Libro cuantas órdenes, instrucciones u observaciones estime convenientes.

30.2. El Ingeniero Director redactará un parte mensual en el que se recojan cuantos datos sean necesarios para conocer la marcha y estado de la obra, redatando, además, los partes especiales que correspondan a incidencias que estime deben ser comunicadas antes de la

redacción del parte mensual correspondiente. Estos partes se mecanografiarán por cuadruplicado y autorizados y fechados por el Ingeniero Director, se destinarán: uno, al Archivo Técnico de Construcción; otro, al archivo de las Oficinas Centrales del concesionario, y los otros dos se remitirán a la Comisaría de Aguas y a la Sección de Vigilancia de Presas, respectivamente.

30.3. En caso de tener que ausentarse el Ingeniero, hará constar en el Libro esta circunstancia, indicando el nombre de la persona que debe sustituirle durante su ausencia y la fecha en que la sustitución se efectuará. Al pie de esta anotación firmarán conjuntamente el Ingeniero Director y su sustituto, quien desde este momento se hará cargo de la dirección de la obra, hasta el regreso del Ingeniero Director, de cuyo regreso se dejará constancia.

30.4. Un resumen parcial de este Libro y de los partes mensuales, se remitirán, por triplicado, trimestralmente, por conducto reglamentario, a la Dirección General de Obras Hidráulicas, formando el Boletín de Información. Este Boletín de Información, el cual quedará una copia en las Oficinas de la obra, deberá incluir en forma abreviada los ensayos y observaciones realizados, así como cualquier dato o referencia que contribuya a un mejor conocimiento de los problemas que pueden plantearse en cuanto a la seguridad y vigilancia de la presa. En el caso de que por acaecer cualquier imprevisto de importancia se haya exigido la redacción de un parte extraordinario, se remitirá un resumen del mismo, también por triplicado, a la Dirección General de Obras Hidráulicas.

30.5. La Dirección General de Obras Hidráulicas podrá exigir la iniciación de un expediente para la remoción del Ingeniero Director, si se comprobaran en su actuación anomalías graves que pudieran repercutir en la seguridad futura de la obra en construcción.

ARTÍCULO 31. — *Registros Auxiliares. Archivo Técnico de Construcción.*

31.1. Aparte del libro "Registro de la Construcción" se registrará en detalle en libros y planos auxiliares cuantos datos de interés se vayan obteniendo en la construcción, en especial los resultados de los sondeos, inyecciones, pruebas de permeabilidad y ensayos de resistencia, cuidando de utilizar sistemas precisos de referencia que permitan localizar fácilmente en el futuro los puntos en donde se han efectuado. Asimismo, se deberá obtener y archivar la adecuada información fotográfica.

31.2. En unión del Libro Registro de la Construcción, y de los partes mensuales, estos Registros Auxiliares constituirán el Archivo Técnico de Construcción, que autorizado con la firma del Ingeniero Director de las Obras, se conservará a disposición de la Administración.

ARTÍCULO 32. — *Inspección de las obras.*

32.1. En el caso de las obras ejecutadas por el Estado a través de las Confederaciones Hidrográficas o Servicios de Obras Hidráulicas, la inspección se llevará a cabo en la forma jerárquica establecida por la orga-

nización estatal, con el asesoramiento o intervención de los organismos especializados que a continuación se hace referencia.

32.2. Cuando se trate de obra que construya un particular o concesionario, la inspección estará a cargo de la Comisaría de Aguas de la cuenca en que la presa esté ubicada. El Ingeniero Director de la obra se relacionará con la Administración siempre a través de dicha Comisaría de Aguas. Esta Comisaría solicitará cuando lo considere conveniente, la asistencia en los temas de la especialidad respectiva del Servicio Geológico de Obras Públicas, la Sección de Estructuras del Centro de Estudios Hidrográficos y la Sección de Vigilancia de Presas de la Dirección General de Obras Hidráulicas, todo ello sin menoscabo de la alta Inspección reservada en todas las obras y Servicios del Ministerio de Obras Públicas a los Inspectores Generales de Demarcación.

32.3. Los mismos organismos encargados de la inspección de las obras durante el período de construcción y con las mismas asistencias, serán los que inspeccionen su explotación.

32.4. El Inspector examinará el archivo técnico de construcción, tomando nota de las incidencias ocurridas en la obra desde la última inspección, así como de los resultados de los ensayos y pruebas realizados.

32.5. Terminada la inspección, se redactará en forma muy resumida un acta del resultado de la misma e instrucciones y observaciones que estime la inspección conveniente señalar, todo lo que anotará en el Libro Registro de la Construcción.

32.5. El Inspector dará cuenta a sus superiores del resultado de su visita a las obras, señalando cualquier anomalía que haya comprobado y cuantas observaciones y propuestas estime convenientes.

ARTÍCULO 33. — *Comienzo de las obras.*

33.1. En obras ejecutadas por el Estado a través de las Confederaciones Hidrográficas o Servicios de Obras Hidráulicas, no se autorizará el comienzo de las obras esenciales de la presa hasta que se haya aprobado oficialmente el Proyecto.

33.2. Para las obras de presas comprendidas en concesiones a Entidades estatales o a particulares, se distinguen tres fases, claramente diferenciadas, que son:

a) Hasta la presentación del Proyecto exigido en la concesión.

b) Desde la presentación hasta la aprobación del Proyecto.

c) Desde la aprobación del Proyecto hasta la recepción de la obra.

33.3. No se autorizará el comienzo de la obra sin que previamente se haya comunicado a la Dirección General de Obras Hidráulicas, a través del conducto reglamentario, el nombramiento del Ingeniero Director y aceptación escrita del mismo. Durante los períodos a) y b), la Comisaría de Aguas autorizará la no dedicación plena prevista en el párrafo segundo del artículo 29.

33.4. Cumplimentada esta condición, el concesionario puede iniciar las obras auxiliares, caminos de acceso, instalación de barracones y servicios auxiliares, trans-

porte o instalación para energía y los trabajos correspondientes a ampliación de reconocimientos, incluso limpieza de laderas y todos aquellos convenientes o necesarios para el mejor conocimiento del terreno y preparación de la redacción definitiva del proyecto.

33.5. Una vez remitido el Proyecto, el concesionario podrá iniciar los trabajos correspondientes a preparación y limpieza de cantera, los de terminación de las instalaciones de toda clase, excavaciones a falta de refino, obras de desviación del río, ataguías y, en general, todos aquellos que no impidan la ejecución de la obra, de acuerdo con las previsibles modificaciones o prescripciones que se puedan imponer en la aprobación del Proyecto.

33.6. Una vez aprobado el Proyecto o transcurrido el plazo señalado en el artículo 8.º, podrán terminarse las obras de excavación, incluso refino, para poder ya dar comienzo al hormigonado, de acuerdo con lo indicado en el artículo 34.

ARTÍCULO 34. — *Excavaciones.*

34.1. Los trabajos de excavación deben aprovecharse para completar y aun intensificar los reconocimientos del terreno.

34.2. Durante el curso de los mismos, se levantarán planos detallados, indicando en ellos cuantos accidentes de orden geológico se registren, así como cualquier otra particularidad que pueda afectar al comportamiento de las obras, como, por ejemplo, las fallas, diaclasas, planos de estratificación, fracturas, cambios en la naturaleza del terreno, manantiales, zonas alteradas de la roca, diques, rellenos de arcilla y posibles superficies de corrimientos. Estos planos se incorporarán al "Archivo Técnico de Construcción".

34.3. Se escogerán cuidadosamente los lugares para el depósito de escombreras, de forma que no puedan perturbar durante la explotación el funcionamiento de las tomas de agua, desagües de fondo, aliviaderos o canales de descarga. Queda prohibido depositarlas en el cauce del río en el tramo de aguas arriba inmediato a la presa. En el tramo de aguas abajo deberá justificarse el lugar de depósito, si éste es dentro del cauce.

34.4. Asimismo se prohibirá depositarlos en aquellos lugares donde pudieran dificultar la vigilancia y control de filtraciones.

34.5. La Inspección de la obra deberá ser avisada de la fecha en que la excavación para cimientado de la presa se encontrará suficientemente avanzada como para poder emitir sobre ella un juicio de carácter general, comprobando si el terreno responde a lo supuesto en el Proyecto y al cumplimiento de las normas de excavación especificadas en el mismo. La Inspección de la obra visitará ésta, autorizando el comienzo del hormigonado si encontrara suficientemente de acuerdo con el Proyecto el resultado de las excavaciones, pudiendo requerir en otro caso la visita del Servicio Geológico de Obras Públicas, el cual en el plazo de un mes, a contar de la fecha señalada por el Ingeniero Director de la Construcción, deberá visitar las excavaciones para emitir su informe.

34.6. Si transcurrido el plazo de diez días entre la fecha del aviso del Ingeniero Director de la Construcción, la inspección, dado su conocimiento de la marcha

de la obra, no hubiera juzgado necesario realizar la nueva visita correspondiente, el Ingeniero Director de la construcción se entenderá autorizado para comenzar el hormigonado, del mismo modo que si hubiera transcurrido el plazo de un mes antes indicado, sin recibir informe especial del Servicio Geológico de Obras Públicas.

ARTÍCULO 35. — *Pruebas y ensayos.*

35.1. Los materiales de construcción serán ensayados conforme al programa previsto en el Proyecto, y el resultado de estos ensayos se incorporará, en toda su extensión, a los Registros Auxiliares.

35.2. A tal fin se instalará en las cercanías de la obra un laboratorio, dotado de los aparatos e instrumentos de medida requeridos, los cuales deberán ser contrastados periódicamente.

35.3. El programa de ensayos previsto en el Proyecto podrá ampliarse durante la ejecución de las obras, cuando las circunstancias lo aconsejen.

35.4. Una vez instalados los dispositivos de auscultación y control, serán vigilados durante el resto del período de construcción y sus indicaciones se anotarán en los Registros Auxiliares.

35.5. La Sección de Vigilancia de Presas mantendrá una inspección directa sobre estos dispositivos, y en las visitas periódicas que realice a la obra, redactará la correspondiente nota informativa sobre su funcionamiento o sobre cualquier otra cuestión relacionada con la seguridad de la presa.

35.6. Toda avería o inutilización de algunos de los dispositivos de auscultación o control, será comunicada al Organismo encargado de la Inspección.

ARTÍCULO 36. — *Inyecciones.*

36.1. La roca de cimentación de las presas podrá tratarse con inyecciones de cemento u otros materiales, con los fines siguientes:

- a) Para formar una pantalla de impermeabilización, con objeto de limitar los caudales de filtración, reducir las presiones intersticiales en el macizo de cimentación o evitar el arrastre del relleno de litoclasas por las filtraciones.
- b) Para consolidación de la roca de cimentación, cerrando las aberturas de litoclasas.
- c) Para tratamiento de accidentes geológicos singulares.

36.2. Las inyecciones de cemento pueden también utilizarse para rellenar las juntas de construcción de las presas y las juntas de contracción de presas en arco o presas de gravedad, en las que así se haya previsto en el Proyecto.

36.3. Al iniciarse la construcción de una presa, se preparará un Programa de inyecciones, adaptándose a las características locales de la roca de cimentación, teniendo en cuenta las direcciones de estratificación, esquistosidad, fracturas y accidentes geológicos. El Programa de inyecciones deberá ser bastante flexible, para poder adaptarse en el curso de los trabajos a las condiciones locales del terreno y para utilizar la experiencia resultante de las inyecciones ya realizadas. En el

Pliego de Condiciones del Proyecto de Inyecciones, se indicarán los procedimientos a utilizar, normas de inyección y limitaciones de presión de inyección, dosificaciones, absorción de agua admisibles, procedimientos de lavado de litoclasas, etc.

36.4. En los taladros destinados a la realización de pantallas de impermeabilización con inyecciones, se realizarán ensayos de permeabilidad de la roca, para lo que se medirán las absorciones de agua en litros por minuto y metro lineal de taladro, bajo una presión de 10 Kg./cm.², mantenidos diez minutos después de haberse estabilizado el caudal. Se recomienda inyectar los taladros en que las absorciones sean superiores a un litro por minuto y metro lineal de taladro.

36.5. Se recomienda ejecutar las inyecciones por tramos descendentes.

36.6. Durante la ejecución de las inyecciones deberán medirse la presión de inyección, caudal inyectado y dosificación de la mezcla inyectada, controlando que quedan dentro de los márgenes admitidos. Estas mediciones deben realizarse en tramos parciales dentro de cada taladro. En particular se recomienda que si las absorciones en el último tramo son mayores de 1 litro por minuto y metro de taladro, se prolongue éste hasta que se satisfaga la condición anterior.

36.7. Se medirán las absorciones de mezcla inyectada en cada tramo de taladro, observando posibles salidas hacia la superficie del terreno o comunicaciones con otros taladros.

36.8. Deberá evitarse provocar en las inyecciones movimientos apreciables en la roca y los bloques de la presa, para lo que se señalarán las presiones admisibles a cada profundidad y altura de hormigón conveniente en el momento de realizar las inyecciones.

36.9. Cuando se realicen inyecciones de consolidación deberán practicarse taladros de drenaje, que permitan la salida del agua que pudiera acumularse en la zona inyectada.

36.10. Cuando la amplitud de las litoclasas haga difícil la penetración de las mezclas ordinarias de lechada de cemento, se recomienda el empleo de procedimientos o aditivos que faciliten la penetración de la inyección y dificulten la sedimentación de las mezclas en los conductos.

36.11. Al terminar la inyección de un taladro debe mantenerse la presión de inyección durante un tiempo, al menos, de dos horas.

36.12. Se recomienda que los taladros o conductos de inyección se inicien desde galerías o zonas no inundables por el embalse, de modo que pueda proseguirse los trabajos de impermeabilización, después de comprobar los resultados obtenidos durante las pruebas de embalse parcial.

ARTÍCULO 37. — *Embalses parciales.*

37.1. Siempre que la parte construída ofrezca las necesarias garantías, se podrán autorizar embalses parciales a título de ensayo. En los casos en que el embalse parcial supere en altura los dos tercios de la altura de la presa, se redactará una Memoria, que se elevará a la Sección de Vigilancia de Presas.

37.2. En dicha memoria se recogerán los resultados de cada ensayo, las observaciones sobre el comportamiento de la obra y del terreno y las consecuencias de orden técnico que de aquéllos puedan deducirse para la seguridad de la obra.

37.3. Se extremará el cuidado y observaciones en los primeros embalses parciales de altura superior a la indicada y próximos ya al pleno llenado del embalse.

ARTÍCULO 38. — *Recepción de las obras.*

38.1. Antes de efectuar la recepción definitiva de la obra, la Sección de Vigilancia de Presas redactará un informe sobre el estado de los dispositivos de control y vigilancia.

38.2. El Ingeniero Director de la obra deberá redactar una Memoria, en donde resuma el desarrollo de la construcción, con especial referencia a las modificaciones de detalle que en el Proyecto se hayan introducido en el curso de las obras, así como las razones que las motivaron. A esta Memoria se unirá una colección completa de los planos definitivos de la obra ejecutada.

38.3. En el acta de recepción definitiva de las obras, se hará constar la entrega de estos documentos, así como de todos los que constituyen el Archivo Técnico de Construcción, por parte del Ingeniero Director de la obra al Ingeniero Director de Explotación.

CAPÍTULO IV

Normas generales para la explotación de presas.

ARTÍCULO 39. — *Servicio Técnico de Explotación.*

39.1. Dentro de la jerarquía, disciplina y reglamentación de la organización Estatal en las obras explotadas directamente por el Estado o de la organización del concesionario en los demás casos, existirá un Servicio Técnico de Explotación, que asumirá la dirección de la misma con las funciones y responsabilidades a que se refiere el presente capítulo.

39.2. El Servicio Técnico de Explotación estará representado ante la Administración por un Ingeniero Director de la Explotación, que responderá del perfecto funcionamiento de los dispositivos de control, órganos de desagüe, accesos y comunicaciones, y, en general, de todo lo relacionado con la inspección, vigilancia, conservación y seguridad de las obras. Su nombramiento, separación y sustitución corresponde, en las obras que se exploten por un particular, al propietario de las mismas, pero deberá darse cuenta de ellas inmediatamente a la Dirección General de Obras Hidráulicas, a través de la Comisaría de Aguas.

39.3. En las actas de recepción definitiva de las obras, se hará constar el nombre del Ingeniero Director de Explotación, quien se hará cargo de aquéllas, así como de la totalidad del archivo técnico de construcción desde aquel momento.

39.4. En el caso de iniciarse la explotación parcial de la presa antes de estar totalmente terminada ésta, el Ingeniero Director de la Explotación, si ya hubiera

siendo nombrado, no podrá tomar ninguna decisión sin aprobación del Ingeniero Director de la obra, hasta tanto que el servicio de construcción haga entrega definitiva de la obra al de explotación.

ARTÍCULO 40. — *Personal auxiliar de explotación.*

40.1. El Ingeniero Director de Explotación organizará un cuerpo auxiliar con el personal necesario para atender a los servicios de vigilancia, conservación, aforos y maniobra de compuertas de aliviadero y órganos de cierre de los desagües. Este personal debe estar perfectamente instruido, acerca de su cometido, a través de normas concretas.

ARTÍCULO 41. — *Normas de explotación, conservación y vigilancia.*

41.1. Los Servicios Técnicos de Explotación, después de estudiar detenidamente el proyecto y el Archivo Técnico de Construcción, redactará unas normas de explotación, conservación y vigilancia de la presa, que serán sometidas, para su aprobación, a la Sección de Vigilancia de Presas, de la Dirección General de Obras Hidráulicas.

41.2. Estas normas deberán incluir todas las previsiones necesarias para garantizar el buen funcionamiento y la seguridad de las obras, tanto en condiciones normales como extraordinarias, y, en particular, las siguientes:

a) Registro de datos meteorológicos interesantes, tales como precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas, etc.

b) Registro y vigilancia de los niveles de embalse, que deberá ser, a lo menos, diario en épocas normales y controlarse con mayor frecuencia en época de avenidas, cuando el embalse esté próximo a su nivel máximo. Se especificarán normas concretas para uso del personal auxiliar encargado de estos menesteres.

c) Aforos del caudal afluente al embalse y de los desagüados de él.

d) Modo de proceder cuando se presente una crecida, resguardos convenientes, velocidad de variación de la cota de embalse, orden con que deben maniobrase las compuertas y desagües de fondo y las precauciones que hay que adoptar para prevenir a los habitantes del valle, en especial en los casos de desembalses extraordinarios en época de estiaje. En las presas cuyo proyecto hubiera previsto la laminación de crecidas, se especificarán los volúmenes de embalse que para ello deben reservarse en cada época del año.

e) Normas para la inspección y conservación de compuertas y mecanismos de aliviaderos y desagües de fondo. En los aliviaderos deberán realizarse revisiones y ensayos de funcionamiento anualmente.

En los desagües de fondo se propondrán las revisiones y ensayos que se consideren convenientes, teniendo en cuenta las características de cada instalación.

f) Normas para la inspección y vigilancia de las galerías de visita y filtraciones, que deberán llevarse a cabo diariamente, así como para la inspección y vigilancia de aparatos de auscultación y control, indicando la frecuencia con que deben realizarse.

g) Normas para la conservación de las fábricas, de los sistemas de comunicación y de las demás instalaciones.

41.3. Una vez aprobadas estas normas por la Sección de Vigilancia de Presas, el Ingeniero Director de Explotación responderá de su exacto cumplimiento.

ARTÍCULO 42. — *Archivo Técnico de Explotación.*

42.1. En las oficinas de la Dirección de Explotación se constituirá un Archivo Técnico de Explotación, cuyo fondo inicial estará formado por un ejemplar completo del proyecto, un ejemplar de la memoria mencionada en el artículo 38, junto con la colección completa de planos a ella anexos, y a la totalidad de los documentos que en su día formaron parte del Archivo Técnico de la Construcción.

42.2. Durante la explotación, el libro "Registro de la Construcción" será continuado por un libro "Registro de la Explotación", en el que la Inspección y el Director de explotación anotarán las observaciones obtenidas en sus visitas de inspección, así como las incidencias más notables ocurridas durante la explotación, en especial las referentes a averías, evacuación de crecidas y contingencias y riesgos extraordinarios. Toda anotación en este libro deberá estar fechada y autorizada por la firma correspondiente.

42.3. El Archivo Técnico de Explotación se completará con registros auxiliares en donde el personal anotará sin formalidades especiales las observaciones recogidas. En particular se llevará una estadística completa de los datos siguientes:

a) Registro diario de niveles de embalse.

b) Aforos diarios en épocas normales.

c) Aforos horarios en épocas de avenidas.

d) Aforos diarios del caudal conjunto de filtraciones y semanal de las observadas en las inmediaciones de la presa y en el interior de las galerías de visita.

e) Lecturas de los aparatos de control existentes.

f) Registros de datos meteorológicos.

42.4. Todos los documentos del Archivo Técnico de Explotación deberán ponerse a la disposición del personal encargado de la inspección, en las visitas que realice. Se remitirán a la Sección de Vigilancia de Presas los datos que la misma requiera.

ARTÍCULO 43. — *Medidas de urgencia.*

43.1. En caso de que se presenten eventualidades capaces de afectar a la seguridad de las obras, o de que se comprueben indicios de que las condiciones de resistencia de las mismas han sido alteradas, el Ingeniero Director de la Explotación dará cuenta inmediata al Servicio Hidráulico encargado de la inspección. En casos de tan extremada urgencia que requieran medidas inaplazables, tales como vaciados del embalse, refuerzos o reparaciones provisionales, podrá disponer las mismas, dando también cuenta inmediata a dicho Servicio y debiendo adoptar las medidas adicionales de seguridad que se le marquen.

CAPITULO V

Normas particulares para las piezas de fábrica.

ARTÍCULO 44. — *Definiciones y clasificación.*

44.1. Se considerarán presas de fábrica las construídas con áridos naturales o artificiales, ligados por un conglomerante artificial, constituyendo un sólido con resistencia apreciable a la tracción, aún saturado de agua y con las resistencias mínimas a la compresión, que se señalan en el artículo 58.

44.2. Los materiales admisibles para la construcción de las presas de fábrica son exclusivamente el hormigón y la mampostería; esta última con las limitaciones que más adelante se indican.

44.3. Las presas de fábrica se clasifican en tres grupos:

A) Presas de gravedad:

- 1) Macizas.
- 2) Aligeradas (contrafuertes).

B) Presas en arco:

- 1) Presas bóveda.
- 2) Presas cúpula.

C) Presas mixtas:

Bóvedas y cúpulas múltiples, pantallas con contrafuertes, bóveda con estribos de gravedad, etc.

ARTÍCULO 45. — *Solicitaciones que se han de considerar.*

45.1. En el proyecto de presas de fábrica, deberá tenerse en cuenta la acción de las siguientes sollicitaciones:

- a) Peso propio.
- b) Empujes hidrostático e hidrodinámico.
- c) Presión intersticial.
- d) Efecto del oleaje.
- e) Empuje de los aterramientos.
- g) Sacudidas sísmicas.
- h) Variaciones de temperatura.
- 4) Acción del hielo.

ARTÍCULO 46. — *Peso propio.*

46.1. Se considerará de ordinario, que el peso propio del hormigón es de 2,3 toneladas por metro cúbico. Para admitir pesos más elevados, será necesario justificarlos mediante ensayos previos en el laboratorio, sobre probetas fabricadas con los mismos áridos, granulometrías y dosificaciones que hayan de utilizarse durante la construcción. En ningún caso se admitirá contar con aumentos de peso debidos a la imbibición del hormigón.

46.2. En las presas de mampostería, el peso de la fábrica a efectos de cálculo, se determinará en todo caso mediante ensayos previos.

46.3. Durante el curso de las obras, deberá comprobarse periódicamente el peso específico de la fábrica conseguida, y si resultara inferior al supuesto en más del 2 por 100 habrá de comprobarse si ello afecta a la seguridad de las obras.

ARTÍCULO 47. — *Empujes hidrostáticos e hidrodinámicos.*

47.1. El empuje hidrostático se calculará en todo caso con el máximo nivel de embalse en riadas.

47.2. Se estudiará también el empuje hidrostático correspondiente a la sobreelevación prevista en el artículo 20. En los casos de ríos con gran caudal sólido en suspensión, se considerará el aumento de peso específico del agua por tal causa.

47.3. Si la presa es de vertedero se tendrán en cuenta las presiones dinámicas sobre el escarpe de la presa, con el aliviadero funcionando, si esta sollicitación resultaba desfavorable.

47.4. Podrá considerarse la presión estática ejercida aguas abajo de la presa, siempre que exista garantía en el nivel mínimo que se considere en los cálculos.

ARTÍCULO 48. — *Efecto de la presión intersticial.*

48.1. Deberán considerarse los efectos de la presión del agua que circula por los pozos del hormigón, sobre el estado tensional de las presas y sobre su estabilidad general.

48.2. Para deducir las tensiones debidas a este efecto en la estructura de hormigón de las presas, convendrá considerar las fuerzas máscas, que el reparto irregular de presiones transmite a las partículas sólidas del hormigón. Deberá considerarse que estas fuerzas sustituyen a las componentes superficiales de las presiones hidrostáticas sobre el paramento de la presa y a las subpresiones en su base o en cualquier sección.

48.3. Para la comprobación de la estabilidad de las presas, o de los elementos que las componen, podrán sustituirse las fuerzas máscas debidas a las presiones intersticiales, por las resultantes de las presiones hidrostáticas sobre los paramentos de la presa y sobre la sección límite considerada en los cálculos de estabilidad (subpresión).

48.4. En los casos ordinarios y siempre que el coeficiente de permeabilidad del hormigón sea uniforme, se podrá admitir la distribución clásica de presiones intersticiales, en dos tramos lineales, uno desde el paramento de agua arriba hasta la pantalla de drenes y otro desde dicha pantalla hasta el paramento de agua abajo. En el Proyecto deberá justificarse el valor medio de las presiones intersticiales en el plano de drenaje, de acuerdo con las dimensiones y distribución de los drenes.

48.5. En las presas de contrafuertes puede admitirse que las trayectorias de las líneas de filtración estén contenidas en planos normales a la línea de máxima pendiente del paramento de agua arriba y que las presiones intersticiales afectan solamente a las cabezas de los contrafuertes.

48.6. Cuando por la forma de la presa o de su sistema de drenaje, no se pueda deducir con fidelidad por los procedimientos indicados en los párrafos ante-

rios, el régimen de presiones intersticiales, convendrá determinarlo a partir de las líneas de filtración a través de la presa y del terreno, obtenidas por procedimientos gráficos o experimentales.

48.7. Deberá considerarse, asimismo, el efecto de las presiones intersticiales sobre la estabilidad del terreno de la cimentación de la presa y laderas del embalse. Deberá estudiarse, especialmente, la posibilidad de deslizamiento del terreno afectado por la presa y embalse a lo largo de superficies orientadas según los planos naturales de estratificación y fracturas, considerando la acción de las presiones intersticiales normalmente a estas superficies, además de las compresiones naturales del terreno, peso propio y cargas que transmite la presa.

ARTÍCULO 49. — *Empuje de los aterramientos.*

49.1. Se considerará el empuje de los aterramientos como si carecieran de cohesión y saturados de agua y con la altura correspondiente a la arista superior de los desagües profundos.

49.2. Los casos que admitan justificación, se prescindirá total o parcialmente de este efecto.

ARTÍCULO 50. — *Acción del hielo.*

50.1. Cuando las condiciones climatológicas del lugar de ubicación de la obra lo aconsejen, deberán prevverse las consecuencias desfavorables que pueda representar para la presa la congelación del agua.

50.2. Por una parte, la formación de capas de hielo en la superficie del agua embalsada puede dar lugar a un empuje concentrado sobre el paramento de la presa, que se tendrá en cuenta siempre que el espesor del hielo pueda alcanzar los 20 centímetros. En tal caso, su acción se considerará equivalente a una presión de 1 Kg. por centímetro cuadrado de proyección vertical de la superficie de contacto del hielo con el paramento. Podrán aplicarse coeficientes de reducción a las cifras anteriores cuando el paramento de agua arriba sea muy inclinado y las laderas tengan pendientes suaves en los estribos.

50.3. La congelación del agua intersticial en la proximidad del paramento de agua abajo, puede producir la impermeabilización total o parcial de éste con el consiguiente resultado desfavorable de elevar las presiones intersticiales en el seno de la fábrica, posibilidad que debe tenerse en cuenta para corregir o prever sus efectos.

ARTÍCULO 51. — *Efecto del oleaje.*

51.1. Cuando la dirección e intensidad de los vientos reinantes o dominantes y su orientación respecto del embalse, así como la longitud de éste y su posición respecto de la presa lo aconsejen, se determinará la altura máxima previsible de las olas, y sus efectos dinámicos sobre el paramento.

51.2. En casos especiales, por ejemplo, si existe la posibilidad de aludes o corrimientos en masa de terre-

nos en el vaso del embalse, será necesario tener en cuenta los efectos eventuales del tren de ondas que puede originarse por estas causas.

ARTÍCULO 52. — *Sacudidas sísmicas.*

52.1. Cuando la historia sísmológica de la región así lo exija, se justificarán los efectos de las aceleraciones horizontales y verticales debidas a los fenómenos sísmicos, tanto sobre las fábricas como sobre el agua del embalse.

52.2. En las regiones sísmicas de Grado IX (la calificación de los seísmos se refiere a la escala de Mercalli, modificada por Wood y Neuman, que se admite en España), los efectos de las acciones sísmicas, que se consideren en los cálculos, deberán ser del orden de magnitud siguiente:

a) Efecto de las aceleraciones horizontales de la fábrica, en cualquier dirección, no inferiores a los que resultarían de aplicar a toda ella fuerzas virtuales de masa de intensidad no inferior al 10 por 100 de las fuerzas de peso propio.

b) Acciones dinámicas del agua sobre el paramento, no inferiores, salvo justificación, a las obtenidas de acuerdo con la teoría de Westergaard.

c) Alternativamente a los esfuerzos consignados en los apartados a) y b) se considerará el efecto de las aceleraciones verticales de la fábrica no inferiores a los que resultarían al aplicar a toda ella fuerzas virtuales de masa positivas o negativas, de intensidad no menor del 15 por 100 de las fuerzas de peso propio.

52.3. En las regiones sísmicas de Grado VIII, estas sollicitaciones se reducirán a la mitad y en las de grado inferior a éste podrán despreciarse.

ARTÍCULO 53. — *Variaciones de temperatura y retracción.*

53.1. Los esfuerzos debidos a la dilatación y contracción del hormigón a causa de las variaciones de la temperatura exterior y contracción por el calor de fraguado, se deducirán partiendo de las condiciones climatológicas de la región y de las características térmicas del hormigón.

53.2. La amplitud de las variaciones térmicas generales se determinarán a partir del estudio de la variación de las medidas mensuales de temperaturas del ambiente y del agua embalsada, considerando la variación diaria en las proximidades de los paramentos de las presas.

53.3. En presas de dimensiones excepcionales, las variaciones de temperatura del hormigón que hay que introducir en los cálculos de estabilidad, se calcularán por diferencia entre las temperaturas previstas en el hormigón para el cierre de juntas y las leyes de temperaturas en función de la distancia a los paramentos en cada sección, correspondientes al fin del período frío y del cálido anuales, teniendo en cuenta las características climáticas, la probable fluctuación de temperaturas del agua embalsada y la acción de los rayos solares.

53.4. En los casos normales, será admisible la simplificación de calcular los esfuerzos térmicos considerando la distribución de temperaturas en la presa como

uniforme en el sentido del espesor, y variable de un punto a otro, según la ley empírica

$$\Delta \theta = \frac{\Delta T}{1 + 0,5 e};$$

en donde e es el espesor de la presa, en metros, en el punto considerado; ΔT y $\Delta \theta$ son, respectivamente, el incremento máximo de la temperatura ambiente (media mensual) y el de la temperatura virtual utilizable para el cálculo de las tensiones, referidos ambos a la temperatura prevista de la presa, en el momento del cierre de las juntas.

53.5. Si no se han tenido precauciones especiales en el curado del hormigón, deberá estudiarse la influencia de la retracción higroscópica del mismo.

53.6. No será necesario tener en cuenta estas acciones en las presas de mampostería ni en las de gravedad o de contrafuertes dotadas de juntas de contracción.

ARTÍCULO 54. — *Otras acciones que hay que considerar en ciertos casos.*

54.1. En casos especiales, podrá ser necesario tomar en consideración otros efectos, tales como posibles vibraciones u otras acciones dinámicas producidas por el agua en los aliviaderos y órganos de desagüe, impactos directos debidos a eventuales aludes o corrimientos de tierras, etc.

54.2. En general, serán casos excepcionales, y siempre será preferible eliminar las causas que pudieran dar lugar a la producción de acciones anormales.

ARTÍCULO 55. — *Combinación de solicitaciones.*

55.1. Las condiciones de estabilidad de la presa, así como sus tensiones internas máximas, deberán estudiarse en cuatro hipótesis distintas, de las cuales dos se consideran normales y otras dos anormales o extremas.

55.2. Las combinaciones normales son:

N_1 . — Peso propio y variaciones de temperatura.

N_2 . — Peso propio, empuje hidrostático, presión intersticial, empuje de los aterramientos, empujes del hielo o de las olas y variaciones de temperatura.

55.3. Como combinaciones anormales o extremas, se consideran las siguientes:

A_1 . — La misma combinación N_2 , pero suponiendo ineficaces los drenajes.

A_2 . — La superposición de los efectos sísmicos a la combinación de cargas N_1 .

A_3 . — La superposición de los efectos sísmicos a la combinación de cargas N_2 , prescindiendo de sobreelevaciones anormales del nivel del embalse y del empuje del hielo y suponiendo que la subpresión no es afectada por los movimientos sísmicos.

A_4 . — Las condiciones correspondientes a la combinación de cargas N_2 , con la máxima sobre-elevación previsible en el nivel del embalse.

55.4. De las combinaciones anteriores se suprimirán los esfuerzos que no sean aplicables al tipo de presa considerado, o a las condiciones particulares del caso.

ARTÍCULO 56. — *Estabilidad estática de la presa.*

56.1. En las presas de gravedad o contrafuertes se comprobará la estabilidad estática al deslizamiento efectivo y al vuelco.

56.2. La comprobación al deslizamiento efectivo se hará comparando la resultante de las fuerzas paralelas al plano medio de cimientos con el conjunto de los esfuerzos que se oponen al deslizamiento divididos por sus correspondientes coeficientes de seguridad. Deberá cumplirse la relación siguiente:

$$EZ \frac{\operatorname{tg} \Phi}{S_1} N + \frac{C}{S_2} A;$$

en donde E es la suma algebraica de todas las fuerzas paralelas al plano medio de cimientos, N es la suma algebraica de todos los esfuerzos normales al mismo plano, Φ es el ángulo de rozamiento del material con el terreno, A es el área de la sección de contacto de la presa en cimientos, y C es la cohesión en dicha superficie.

56.3. En la combinación de solicitaciones N_2 , los coeficientes de seguridad deben ser como mínimo los siguientes:

$$S_1 = 1,5; \quad S_2 = 5.$$

56.4. En las combinaciones de solicitaciones A_1 y A_2 , estos coeficientes de seguridad podrán reducirse en un 20 por 100.

56.5. El coeficiente de seguridad al vuelco se define como la relación de los momentos de los esfuerzos verticales y horizontales, respectivamente, con relación al pie del paramento de agua abajo de la presa. No es necesario tener en cuenta a estos efectos las acciones sísmicas, dado su carácter oscilatorio y su corto período.

56.7. En las presas arqueadas (bóvedas y cúpulas) no es necesario comprobar la estabilidad al vuelco. La estabilidad al deslizamiento debe comprobarse aisladamente en cada una de las zonas de apoyo. El factor de seguridad en estos casos puede expresarse en forma totalmente análoga al de las presas de gravedad.

ARTÍCULO 57. — *Estabilidad elástica de la presa.*

57.1. Para garantizar la estabilidad elástica de la presa, será necesario justificar que, en ningún punto de la misma, ni de la cimentación, se producen tensiones superiores a las que el material puede soportar sin riesgo.

57.2. El régimen de tensiones internas se determinará por aplicación de los principios de la Teoría de la Elasticidad o los de deformación plana de secciones de la Resistencia de Materiales. En muchos casos es recomendable utilizar ensayos sobre modelo reducido.

57.3. El Proyecto deberá prescribir y justificar los coeficientes de seguridad que deban adoptarse para las tensiones internas respecto de las cargas unitarias de rotura de los materiales.

57.4. Como mínimo, se exigirán los coeficientes de seguridad siguientes:

57.5. *A compresión:*

5 (cinco) en las combinaciones de solicitaciones normales (N_1 y N_2).

3 (tres) en las combinaciones de sollicitaciones anormales (A_1 y A_2).

57.6. Se recomienda que las cargas de trabajo a compresión no rebasen los 80 Kg./cm.², pudiendo alcanzarse hasta los 100 Kg./cm.² si se justifica la conveniencia de llegar a tales tensiones y la posibilidad de obtener en la construcción de la presa hormigones que mantengan las cargas de rotura exigidas.

57.7. A tracción:

2 (dos) en las combinaciones de sollicitaciones anormales (A_1 y A_2).

57.8. Sin que en ningún caso se admitan cargas de tracción superiores a 10 Kg./cm.².

57.9. Para las cargas de tracción, se establecen, además, las limitaciones siguientes:

- a) No se admitirán tracciones en las presas de mampostería.
- b) Para las combinaciones de sollicitaciones N_1 y N_2 en las presas de gravedad o contrafuertes, la resultante de esfuerzos verticales en una sección horizontal cualquiera, debe ser tal que no dé lugar a tracciones en la hipótesis de variación lineal de tensiones.

ARTÍCULO 58. — Cargas de rotura de los materiales.

58.1. La resistencia a la compresión de los morteros y hormigones se medirá a los noventa días de edad, en probeta cilíndrica, de acuerdo con lo dispuesto en la "Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón", del Ministerio de Obras Públicas. El control de resistencia en la obra podrá hacerse sobre probetas a los veintiocho días o siete días, estableciéndose previamente su correspondencia con la resistencia de noventa días de edad.

58.2. Salvo comprobación experimental, la resistencia a tracción del hormigón se considerará igual a la décima parte de la de compresión.

58.3. Cuando, para comprobar la calidad del hormigón, se saquen probetas testigo de la obra ejecutada, su diámetro no será inferior al triple del tamaño máximo del árido en ellas contenido.

58.4. La resistencia a la compresión de las fábricas de mampostería, se determinará ensayando por separado la de la piedra y la del mortero, y adoptando como carga de rotura los dos tercios de la más baja de las dos.

58.5. Cada uno de los ensayos se efectuará, como mínimo, sobre una serie de diez probetas. Como carga de rotura de la serie no se adoptará la media aritmética de los resultados parciales, sino la que resulta superior o al menos igualada por el 80 por 100 de las probetas ensayadas.

58.6. No se admitirán como elementos resistentes fábricas de carga de rotura inferior a 100 Kg./cm.².

ARTÍCULO 59. — Resistencia de cimientos.

59.1. Para valorar la resistencia de los cimientos, se tendrá en cuenta la naturaleza y estructura tanto de los terrenos de apoyo directo, como de todos aquellos que puedan colaborar en la estabilidad de la presa.

59.2. En los casos en que por la naturaleza dudosa de la roca de cimentación o por las fuertes cargas que

la presa ha de transmitir al cimiento, no sea evidente que ésta puede soportar dichas cargas sin deformaciones apreciables y con los coeficientes de seguridad que impone esta Instrucción, se determinarán las características de deformabilidad y resistencias a compresión y corte del terreno, por medio de ensayos *in situ* realizados en las zonas que se considere más conveniente. Las pruebas anteriores se realizarán según la dirección de las máximas presiones y dos direcciones normales a ella, o según otras tres direcciones triortogonales, elegidas teniendo en cuenta la anisotropía debida a la estratificación y otras causas.

59.3. Cuando los terrenos no sean rocosos, se harán ensayos análogos, de acuerdo con la teoría de la Mecánica de los Suelos, estudiando especialmente la deformabilidad de los cimientos bajo la presión resultante, su influencia en la distribución de tensiones y en la estabilidad de la obra. Asimismo se prestará la debida atención a los problemas de filtración, sobre todo si existe riesgo de sifonamiento o arrastre de los materiales finos.

59.4. En presas de gran altura, deben tenerse en cuenta las deformaciones y tensiones adicionales del terreno, por efecto de la puesta en carga del embalse.

59.5. Cuando el terreno de cimentación presente discontinuidades geológicas que den lugar a grandes diferencias de resistencia o deformabilidad, deberán tenerse muy presentes sus posibles influencias sobre la estabilidad de las obras y adoptar en consecuencia las precauciones oportunas, tanto en el Proyecto como durante la construcción.

ARTÍCULO 60. — Durabilidad de las fábricas.

60.1. Debe prestarse especial atención a las medidas necesarias para garantizar la durabilidad de las fábricas contra los agentes agresivos, en particular la destrucción de los paramentos por el hielo y el ataque por las aguas agresivas, cuya acción puede extenderse también al interior de la presa.

60.2. La resistencia a estos agentes agresivos se obtendrá, principalmente, con la buena calidad del hormigón. Su compacidad e impermeabilidad son la mejor defensa contra el ataque de los agentes agresivos, por lo que es fundamental garantizarlos mediante un cuidadoso estudio de las granulometrías, dosificaciones, métodos de puesta en obra y curado, así como mediante la aclusión de aire en la forma prevista en el artículo 68.

60.3. Siempre que las aguas del embalse sean ácidas, contengan exceso de materia orgánica o residuos industriales, o no cumplan con las especificaciones exigidas para el agua de amasado del hormigón, se llevarán a cabo ensayos para determinar su agresividad, en especial su efecto sobre la disolución y arrastre de la cal libre de los hormigones. Como resultado de estos ensayos, se adoptarán las medidas necesarias, especialmente en orden a la elección del tipo de cemento más conveniente en los paramentos y cuerpo de presa, o, eventualmente, al uso de aditivos, previa comprobación experimental.

60.4. Asimismo se ensayará la resistencia a las heladas cuando las condiciones climáticas así lo exijan. Los ensayos deberán abarcar un mínimo de ciclos de

hielo y deshielo no inferior a 100, ni al doble del número de ciclos de oscilación parcial de embalse previsible durante una temporada invernal.

ARTÍCULO 61. — Canteras.

61.1. En el Proyecto deben figurar los resultados de los reconocimientos y ensayos preliminares de posibles canteras o yacimientos naturales para la obtención de los áridos. De entre las posibles soluciones, el autor del Proyecto elegirá la que considere más conveniente, teniendo en cuenta la calidad del material, la cantidad disponible y la economía de la explotación. Quedará así definida la cantera de Proyecto.

61.2. Con materiales obtenidos de dicha cantera o yacimiento de Proyecto se realizarán los estudios detallados de la roca, áridos y hormigones tipo, para establecer en el Pliego de Condiciones las especificaciones particulares que habrán de cumplir los áridos que se han de emplear en la construcción de la obra, cualquiera que sea el origen de estos áridos.

61.3. La elección de una cantera o yacimiento natural en el Proyecto no obligará al contratista o constructor de la obra a utilizarla, siempre y cuando los áridos que proponga cumplan las condiciones establecidas en el Pliego. Y tampoco presupone que todo el material procedente de la cantera o yacimiento natural elegido en el Proyecto cumpla las condiciones exigidas en el Pliego. Durante la ejecución de la obra el Ingeniero Director establecerá el control continuo sobre la calidad del material, mediante ensayos periódicos y la simple inspección ocular, y prohibirá la utilización de las zonas de la cantera o yacimiento cuyo material produzca áridos que no cumplan las prescripciones del Pliego de Condiciones del Proyecto.

61.4. Se evitará la elección de canteras, cuya proximidad a la presa pudiera entorpecer o hacer peligrosos los trabajos de construcción, o cuya explotación pudiera poner en riesgo la resistencia de los estribos a la estanquidad del embalse.

61.5. Se indicará asimismo la propiedad de las canteras o depósitos naturales.

ARTÍCULO 62. — Áridos y agua.

62.1. El agua de amasado del hormigón cumplirá las especificaciones del artículo 8.º de la "Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón" del Ministerio de Obras Públicas.

62.2. Los áridos para morteros y hormigones cumplirán las condiciones necesarias para asegurar las características de calidad requeridas en el Proyecto para los hormigones y morteros, cualquiera que sea la procedencia de dichos áridos, de depósitos naturales o de trituración de rocas.

62.3. A los efectos de esta Instrucción se entenderá por arena el árido de tamaño inferior a cinco (5) mm., y por árido grueso el tamaño superior a cinco (5) mm.

62.4. Las arenas serán de grano duro, no deleznable y de densidad no inferior a 2,4. La utilización de arenas de menor densidad exigirá el previo análisis de laboratorio para dictaminar acerca de sus cualidades.

62.5. Las tolerancias admisibles para las materias nocivas contenidas en los áridos no excederán, salvo justificación especial, de los límites máximos siguientes tomados en tanto por ciento en peso del total de la arena:

- | | |
|--|-----|
| a) Harina mineral, "filler" o polvo, procedente de trituración de rocas no arcillosas, separable por levigación, de tamaño inferior a 80 micras..... | 6 % |
| b) Arcilla total, limo y demás partículas finas de origen natural, separables por levigación, de tamaño inferior a 80 micras. | 3 % |
| c) Arcilla coloidal incluida en b), o bien "Equivalencia de arena" en ensayo de floculación de coloides no inferior a 80. | 2 ‰ |
| d) Mica | 5 % |

62.6. La materia orgánica admisible en los áridos se determinará según el artículo 4.º del Anejo a la "Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón" del Ministerio de Obras Públicas.

62.7. Se comprobará que los áridos no contienen sílice hidratada amorfa en cantidad capaz de producir reacciones nocivas con los posibles álcalis del cemento. Método de ensayo "MELC 4.11-a".

62.8. No será admisible contenido apreciable de materias carbonosas en los áridos en grado tal que produzca efectos perjudiciales en los morteros y hormigones. En ningún caso la arena contendrá más de un 1 por 100 en peso de materias carbonosas.

62.9. La tolerancia en sulfuros y cloruros solubles será la que se indica en el artículo 9.º de la Instrucción de Obras Públicas antes citada. Para otras sustancias solubles se mantienen las tolerancias establecidas para el agua de amasado en el artículo 8.º de la "Instrucción" de Obras Públicas.

62.10. El árido estará exento de minerales oxidables que puedan dar lugar a compuestos ácidos que reaccionen con la cal libre y liberada del cemento, tales como algunas piritas de hierro.

62.11. Los granos del árido grueso no presentarán recubrimientos blandos ni arcilla fuertemente adherida que no sea posible eliminar por lavado. La arcilla, limo y demás partículas finas en el árido grueso deberán computarse en unión con las contenidas en la arena.

62.12. En ningún caso se admitirá la presencia de arcilla en grumos o terrenos, aunque esté comprendida dentro de los límites de tolerancia, antes señalados, para este material.

62.13. El tamaño máximo admisible para el árido será fijado en el Proyecto en consonancia con la forma del árido, la potencia de los medios exigidos para la vibración del hormigón y el espesor de la presa. Se recomienda el tamaño del árido no sea superior a 150 mm. en el cuerpo de presa, ni superior a 80 mm. en los paramentos (a un metro como mínimo de la superficie).

62.14. En cuanto a la forma de las partículas de los áridos, en el Proyecto se definirán los índices volumétricos mínimos para los distintos tamaños de árido.

ARTÍCULO 63. — Granulometría.

63.1. Se prestará especial atención al estudio de la

granulometría, con el fin de asegurar las condiciones de peso específico, impermeabilidad, resistencia y durabilidad exigidas en el Proyecto para los distintos hormigones, manteniendo la homogeneidad y docilidad necesarias en el hormigón fresco con un reducido consumo de cemento.

63.2. En la obra la composición granulométrica y dosificación de cemento se definirán después de efectuar ensayos de laboratorio con los áridos producidos en las instalaciones definitivas de la misma.

63.3. Deberá estudiarse con especial cuidado la granulometría de la arena. Se recomienda que la curva granulométrica de la arena esté comprendida entre los límites siguientes:

Abertura de malla mm.	% en peso que pasa por cada tamiz						
	5,0	2,5	1,25	0,60	0,30	0,15	0,08
Límite superior ..	100	95	85	62	30	15	5
Límite inferior ...	95	75	55	30	12	4	0

63.4. La arena debe contener la suficiente cantidad de elementos finos de 1 mm., de 0,08 mm., para conseguir la conveniente docilidad e impermeabilidad del hormigón. El empleo de aireantes y plastificantes, que mejora la docilidad y disminuye la segregación, no es motivo suficiente para utilizar arenas escasas en elementos finos.

63.5. En el conjunto de los áridos se aconseja utilizar granulometrías continuas, clasificándose los mismos por los tamaños y gradación que se fije en el Proyecto de acuerdo con la importancia de la obra y las características de los áridos.

ARTÍCULO 64. — *Cemento y dosificaciones.*

64.1. El cemento, además de las condiciones que fija el vigente Pliego de Condiciones para la recepción de conglomerantes hidráulicos, incluidas las dos primeras prescripciones especiales contenidas en el apartado 1.23 del mismo, relativa a alta estabilidad y bajo contenido de álcalis, cumplirá preceptivamente las siguientes:

a) El contenido de cal total en el cemento (óxido cálcico más hidróxido cálcico) deberá resultar en los análisis químicos inferior a 1,2 por 100 del peso total (Norma MELC 3.04-b).

b) El cemento no presentará irregularidades en sus características que den lugar en más del 90 por 100 de los ensayos de rotura a compresión a los veintiocho días con mortero normal a desviaciones de resistencia superiores al 10 por 100 de la resistencia media.

c) La temperatura del cemento en el momento de la entrega en obra no será superior a 60° centígrados, ni a 50° centígrados en el momento de su empleo.

64.2. Se recomienda que en los Pliegos de Condiciones de grandes presas se exijan, además, para la recepción del cemento las siguientes condiciones:

a) El contenido de aluminio tricálcico (C_3A) no será superior al 10 por 100.

b) El contenido de silicato tricálcico (C_3S) no será superior al 48 por 100.

c) El calor máximo de hidratación a los veintiocho días, medido en calorímetro de disolución, será de 85 calorías/g.

d) El mortero normal de cemento, realizado el ensayo según las normas del nuevo Pliego, alcanzará las resistencias a compresión a los veintiocho días de 250 kilogramos/cm.², 350 Kg./cm.² y 450 Kg./cm.², respectivamente, para las zonas de las presas en las que el proyecto haya señalado hormigones con cargas de trabajo de 35 Kg./cm.², entre 35 y 50 Kg./cm.² y superior a 50 Kg./cm.².

64.3. El tipo y características del cemento a utilizar en las presas será definido por el autor del proyecto, especificándose las condiciones que deben cumplir en el caso de utilizarse cementos especiales o de bajo calor de fraguado. En el proyecto deberá especificarse también las características del hormigón en cada zona de la presa.

64.4. El almacenamiento de los cementos en obra se organizará de tal modo que cada clase de ellos quede separada de los demás o que en caso de acondicionamiento a granel puedan hacerse los ensayos de recepción más importantes antes de proceder al ensilado. En los silos se tomarán las precauciones necesarias para evitar el fraguado de los cementos almacenados.

64.5. Los cementos cuyo plazo de almacenamiento o ensilado supere a los tres meses, serán de nuevo ensayados antes de su empleo, para asegurarse de que siguen cumpliendo las condiciones establecidas.

64.6. La cantidad de cemento será la mínima necesaria para lograr las características exigidas al hormigón, tanto al hormigón fresco como al endurecido. En ningún punto del cuerpo de la presa se admitirá una dosificación inferior a 140 Kg. de conglomerante por m.³ de hormigón, ni, salvo casos especiales, superior a 300 kilogramos por metro cúbico, en cuyo caso deberán adoptarse las precauciones necesarias para asegurar la disipación del calor de fraguado.

64.7. Durante la ejecución de la obra se revisará la composición granulométrica y la dosificación de cemento de cada tipo de hormigón, a fin de conseguir en cada zona de la presa un hormigón de la calidad exigida en el Proyecto.

ARTÍCULO 65. — *Aditivos al cemento.*

65.1. Aunque el cemento debe constituir, en todo caso, el conglomerado principal, puede ser conveniente en muchos casos la adición de otros productos para mejorar su docilidad, plasticidad y resistencia a los agentes agresivos, disminución del calor de hidratación, y también para la fijación de la cal liberada de los silicatos hidratados y de la eventual cal libre del cemento.

65.2. Entre estos materiales pueden citarse las puzolanas, cenizas volantes y escorias básicas granuladas de altos hornos, finamente molidas y mezcladas con el cemento. Su utilización, previa la regulación de su dosificación y forma de empleo en el Pliego de Condiciones del Proyecto, deberá quedar justificada mediante suficiente número de ensayos de laboratorio. Asimismo, deberán justificarse las garantías de uniformidad de calidades durante el curso de ejecución de las obras.

65.3. El uso de los plastificantes y productos tenso-activos existentes en el comercio, podrá ser autorizado en el Pliego de Condiciones, regulándose sus dosificaciones máximas y mínimas, siempre que se acompañe un certificado favorable expedido por un Laboratorio oficial.

65.4. Los agentes aireantes que se utilicen en las obras deberán ser ensayados con arreglo a los métodos MELC 5.06 a.

ARTÍCULO 66. — *Hormigones.*

66.1. El Pliego de Condiciones del Proyecto especificará con todo detalle las características de calidad que deben exigirse en cada caso y, en especial, las siguientes: peso específico aparente, impermeabilidad y carga de rotura. Estas características son las que deberán servir para clasificar los diferentes tipos de hormigones y no la dosificación prevista para lograrlas.

66.2. Siempre que sea necesario, el Pliego de Condiciones del Proyecto establecerá las condiciones de resistencia a las heladas y aguas agresivas que deben exigirsele.

66.3. En caso de grandes estructuras, o de presas arqueadas, se especificarán los módulos de elasticidad, cálculo y la medida de tensiones y deformaciones.

66.4. A efectos del control de la fabricación y puesta en obra, el Ingeniero Director de la obra especificará los límites en que puede variar la docilidad medida por el asiento en el cono de Abrams, así como el contenido máximo de aire ocluido.

66.5. No se permitirá el empleo de hormigones fluidos y se recomienda reducir la relación agua/cemento a fin de obtener la máxima resistencia con mínimo calor de fraguado y consumo de cemento, todo ello previa la comprobación experimental y permanente de que el hormigón fresco es fácil de colocar y consolidar en consonancia con los medios exigidos al constructor.

ARTÍCULO 67. — *Fabricación de hormigones.*

67.1. Todos los componentes del hormigón deben medirse en peso durante la fabricación en obra, utilizando aparatos dosificadores independientes para el cemento, el agua y los aditivos. Los áridos podrán dosificarse mediante pesadas acumulativas, en una sola báscula, en las presas de escasa importancia, y deberán utilizarse básculas individuales para cada tamaño de árido, en las obras de mayor importancia. El error medio de 100 pesadas será inferior al 1 por 100 para el cemento, agua y aditivos, y el 3 por 100 para cada tamaño de los áridos. A estos efectos, se consideran presas de menor importancia aquéllas que en el Proyecto se prevean para el hormigón cargas de trabajo menores de 30 Kg./cm.².

67.2. El tamaño y tipo de las hormigoneras, así como su alimentación, descarga y tiempo de amasado serán los convenientes para mezclar íntimamente los componentes de la masada, y evitar disgregaciones del hormigón fresco.

67.3. Se controlará la calidad del hormigón a la salida de la hormigonera mediante la permanente vigi-

lancia de un auxiliar técnico, el cual deberá realizar ensayos de asiento en cono de Abrams siempre que se varíe la dosificación, y siempre que se aprecien diferencias de aspecto del hormigón fresco, o se note en el tajo alguna diferencia en la trabajabilidad.

67.4. La máxima tolerancia de asiento admisible será fijada en el Pliego de Condiciones, sin que pueda exceder de 20 mm.

67.5. La humedad libre de los áridos debe medirse para corregir en consecuencia la dosificación del agua de amasado. En los áridos gruesos, por lo menos una vez al día. El contenido de agua en las arenas debe controlarse de manera permanente, en obras importantes, utilizando dispositivos automáticos de medición instalados en los silos inmediatos a las hormigoneras, y en obras de menor importancia podrá emplearse el procedimiento del picnómetro en muestras de arena tomadas de los dosificadores, por lo menos dos veces al día, siempre que se observen variaciones en el hormigón fresco, así como antes de reanudar el hormigonado después de una parada de duración superior a una hora.

67.6. En la hormigonera no se mezclarán masas frescas conglomeradas con distintos tipos de cemento. Antes de comenzar la fabricación de una mezcla con un nuevo tipo de conglomerante, deberán limpiarse perfectamente las hormigoneras.

67.7. En el caso de que total o parcialmente se prevea el empleo de procedimientos especiales de fabricación de hormigón, tales como hormigón inyectado, se deberá detallar en el Proyecto las condiciones que han de satisfacer los mismos y, en otro caso, se justificará su empleo de acuerdo con lo preceptuado para modificaciones del proyecto.

ARTÍCULO 68. — *Aireación del hormigón.*

68.1. Los agentes aireantes añadidos a una mezcla de hormigón, deben provocar la oclusión de partículas de aire o burbujas en forma de esferoides, de diámetros comprendidos entre 75 y 1.300 micras.

68.2. El hormigón fresco, en el cuerpo resistente de la presa, una vez vibrado, no debe contener, salvo justificación especial, más del 3,5 por 100 de aire ocluido. El tanto por ciento de aire ocluido deberá vigilarse escrupulosamente, efectuando una determinación de contenido de aire por lo menos una vez al día para cada tipo de hormigón, y siempre que se observe en el tajo una variación en la plasticidad o docilidad del hormigón fresco, modificando inmediatamente la dosificación del agente aireante, si se comprueba que se excede el límite antes establecido.

ARTÍCULO 69. — *Transporte y puesta en obra del hormigón.*

69.1. El transporte y colocación del hormigón se hará de modo que no se produzca disgregación de sus componentes en ningún momento del proceso. Si eventualmente hubiese segregación en el tajo, las piedras del árido más grueso se arrastrarán hacia las zonas ricas en mortero mediante rastrillos.

69.2. Como norma general, no deberá transcurrir más de una hora entre la fabricación del hormigón y su

puesta en obra y consolidación. En ningún caso se tolerará la colocación en obra de masas que acusen un principio de fraguado, segregación, disgregación o desecación.

69.3. En el transporte se utilizarán aquellos medios que la práctica haya demostrado no provocan la disgregación o segregación del hormigón. Se prohíbe, salvo justificación especial en cada caso, el empleo de canaletas, trompas de elefante o dispositivos análogos, para transportes a distancia superiores a 5 metros, así como todos los recipientes cuyo vaciado sea por vuelco.

69.4. Se recomienda para el transporte del hormigón el uso de calderos con descarga de fondo y cierre con posibilidad de interrumpir en cualquier momento el vaciado completo.

69.5. Se prohíbe el vertido del hormigón desde alturas superiores a un metro y medio (1,5 m.) y siempre deberán adoptarse las debidas precauciones para evitar la disgregación de la mezcla, especialmente cuando el elemento hormigonado no sea de grandes dimensiones. Asimismo se reducirá al mínimo posible el número de vertidos de una misma masada, y en ningún caso estos vertidos producirán disgregación del hormigón.

69.6. La consolidación del hormigón en cuerpo de presa se realizará por vibración de la masa utilizando vibradores de aguja cuya frecuencia no sea inferior a 7.000 r.p.m. y de diámetro y peso adecuados al tamaño máximo del árido. El espesor de las masas que hayan de ser consolidadas será el necesario para conseguir que la compactación se extienda, sin disgregación de la mezcla, a todo el espesor de la masa. La vibración se mantendrá hasta que refluya a la superficie la pasta de cemento y se asegure la eliminación de coque y nidos de piedras.

69.7. Cuando se empleen procedimientos mecánicos para el manejo de varios vibradores en batería, se dispondrá, además de vibradores a mano para consolidar las zonas que no alcance fácilmente el equipo de vibración mecánica, tales como las esquinas y paramentos.

69.8. No se deberán utilizar vibradores de superficie en el cuerpo de la presa; únicamente, si fuese necesario, en elementos auxiliares de la estructura, que por su reducido espesor no puedan ser vibrados con vibradores de aguja.

69.9. Las tongadas de los bloques de la presa se hormigonarán por capas sucesivas de espesor adecuado a la potencia y dimensiones de los vibradores, y, en general, del orden de 0,50 m. de altura. La punta de los vibradores deberá penetrar ligeramente en la capa subyacente, a pesar de que se haya iniciado su fraguado, a fin de conseguir la perfecta trabazón entre capas y evitar las superficies interiores de fraguado.

69.10. El talud del borde de avance de las capas de vibración, se llevará con pendiente no superior al 4 : 1. Cuando hayan de vibrarse superficies más inclinadas se iniciará la vibración de abajo arriba, y si es preciso se colocarán tableros de encofrado provisional para retener la masa durante la consolidación.

ARTÍCULO 70. — *Curado del hormigón. Reanudación del hormigonado.*

70.1. Durante el primer período de endurecimien-

to, se deberá mantener la humedad del hormigón y evitar todas las causas externas como sobrecargas o vibraciones, que puedan provocar la fisuración del elemento.

70.2. Una vez endurecido el hormigón se mantendrán húmedas las superficies durante diez días como mínimo, por procedimientos que no sometan al hormigón a alteraciones de mojado y secado.

70.3. En las interrupciones del hormigonado se cuidará de dejar las juntas de acuerdo con lo previsto en el Proyecto. En caso de tener que realizarse alguna junta de hormigonado no prevista, se dejará lo más normalmente posible a la dirección de la máxima compresión y donde su efecto sea menos perjudicial.

70.4. El tratamiento a que deben someterse las juntas de tongadas debe ser definido en el Pliego de Condiciones, con el fin de obtener la mejor unión posible entre tongadas sucesivas. Se recomienda el siguiente: Después de iniciado el endurecimiento del hormigón, y en el momento oportuno (entre tres y ocho horas del hormigonado según las características del cemento y la temperatura ambiente) se lavará la superficie de la tongada con chorro de agua y aire a presión no inferior a 5 Kg./cm², eliminando así toda la capa superficial de mortero, hasta dejar al descubierto el árido grueso y suprimidas las huellas de pisadas, pero cuidando de no remover las piedras de dicho árido grueso.

70.5. En todo caso se prohíbe el picado de las superficies de hormigón tierno, con menos de cinco días de edad. El picado de las superficies de las juntas entre tongadas sucesivas, se realizará, únicamente, cuando no haya sido posible dejar convenientemente preparada dicha superficie mediante el lavado con chorro de agua y aire a presión.

70.6. Para iniciar el hormigonado de una nueva capa o tongada, ya sea sobre terreno de cimientado o sobre la tongada anterior de hormigón endurecido, se limpiará la superficie con chorro de agua y aire a presión y se eliminarán después los charcos de agua que hayan quedado. Una vez limpia y húmeda la superficie y los encofrados se aplicará una capa de mortero grueso, cuya composición será la del hormigón que se vaya a colocar suprimidos los tamaños mayores del árido (superiores a 30 ó 40 mm.) y dosificando la cantidad de agua de amasado de forma que resulte una masa de consistencia adecuada, para que rellene todas las oquedades, pero sin ser tan flúida que se disgregue. Esta capa previa deberá ser cubierta por el hormigón antes de que haya empezado a fraguar.

70.7. Se cuidará que no queden en contacto masas frescas de hormigones de diferentes tipos de cemento, y de limpiar las herramientas y material de transporte al hacer el cambio.

ARTÍCULO 71. — *Hormigonado en tiempo frío y en tiempo caluroso.*

71.1. Cuando esta eventualidad se presente, se seguirán las indicaciones incluídas en el artículo 19 de la vigente "Instrucción para Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón", del Ministerio de Obras Públicas.

71.2. En caso de emplear agua caliente para fabricar el hormigón, se evitará que entre en contacto directo con el cemento. Salvo justificación especial, la

temperatura del agua de amasado no excederá de 40° C.

71.3. Aunque no es recomendable calentar los áridos en tiempo frío, en caso necesario podrá tolerarse, siempre que la temperatura a que se les someta sea inferior a 80° C.

71.4. Los áridos deberán estar protegidos del hielo y la escarcha.

71.5. El hormigón fresco no se podrá colocar en obra sobre superficies heladas.

71.6. Se recomienda como protección contra la congelación del hormigón tierno en las superficies de las tongadas el establecimiento, con lonas o similares, de una cámara de aire calentada con estufas o radiadores eléctricos, cuidando de mantener húmedo el ambiente interior de la cámara.

71.7. Deberá comprobarse que el hormigón no se ha congelado en los paramentos, una vez desencofradas las tongadas.

71.8. Para hormigonar en tiempo especialmente cauroso o cuando sea preciso limitar la temperatura del hormigón colocado, se adoptarán las medidas que se establezcan en el Pliego de Condiciones, tales como proteger los áridos de los rayos solares, regarlos con agua fría, refrigeración artificial de los áridos por inmersión en agua fría, empleo de agua de amasado refrigerada a 4° C., sustitución de una parte del agua de amasado por hielo triturado introducido en la hormigonera.

ARTÍCULO 72. — *Precauciones para asegurar la disipación del calor de fraguado.*

72.1. El Proyecto deberá estudiar con detalle el plan de hormigonado de la presa, con la división de la obra en bloques, orden de ejecución de éstos, espesores máximos y mínimos de las tongadas e intervalos que deben transcurrir entre la colocación de dos tongadas sucesivas sobre el mismo bloque, a fin de garantizar la disipación del calor de fraguado y evitar la fisuración por retracción. El estudio deberá tener en cuenta las dosificaciones previstas y el calor de fraguado del cemento elegido.

72.2. En los casos de presas de gran volumen de hormigón con dosificación de cemento elevada, se deberá prever la refrigeración de los bloques o del hormigón en el momento de la fabricación, si la velocidad prevista para la ejecución de las obras así lo exige.

72.3. Como regla general, se recomienda que las dimensiones de los bloques no excedan de 15 m., salvo en el sentido del eje de la presa, en el que se podrá llegar a 30 si tal fuese el espesor máximo de la presa, disponiéndose a tal fin el número de juntas de construcción necesarias. En cuanto al espesor de las tongadas, es aconsejable que éste no sea, en principio, superior a 2 m., salvo que se tomen precauciones especiales para el enfriamiento de los bloques durante su fraguado. Estas precauciones deberán justificarse en el Pliego de Condiciones del Proyecto.

ARTÍCULO 73. — *Juntas de contracción.*

73.1. En las presas de hormigón de gravedad, las juntas transversales de contracción se realizarán en la forma que se indique en el Proyecto, en el cual se jus-

tificará el tipo adoptado. Deberán disponerse con separaciones del orden de 15 metros.

73.2. En las presas bóveda o cúpula, se dejarán juntas transversales de contracción, sensiblemente normales a la dirección de los esfuerzos.

73.3. En cualquier tipo de presas de fábrica, se colocarán adecuados dispositivos de impermeabilización de las juntas transversales.

73.4. Cuando el espesor de la estructura lo exija, se preverá también la ejecución de juntas longitudinales de contracción cualquiera que sea el tipo de presa.

73.5. En las juntas de contracción de las presas en arco, así como en las de gravedad proyectadas como monolíticas, deberán preverse los dispositivos necesarios para el fácil y seguro cierre de las juntas por medio de inyección en el momento oportuno.

73.6. Es admisible la disposición de juntas de contracción abiertas, de dimensiones suficientes para poder permitir su posterior hormigonado. Deberán estar provistas de redientes o artesas que aseguren la trabazón del hormigón de relleno con los bloques contiguos, y prepararse las superficies de acuerdo con lo previsto en el artículo 70.

73.7. En presas arqueadas de espesor superior a seis metros, es obligatorio dejar termómetros de lectura a distancia embebidos en el cuerpo de la presa, a fin de determinar la época a partir de la cual se puede realizar el relleno o inyección de las juntas.

73.8. En las presas bóveda o cúpulas, no se autorizará el relleno o inyección de juntas de contracción hasta que la temperatura de los bloques sea la que corresponde a las hipótesis de cálculo a menos que se garantice la posibilidad de repetir las inyecciones o se compruebe que se mantienen los coeficientes de seguridad prescritos con la nueva combinación de sollicitación.

ARTÍCULO 74. — *Pruebas y ensayos en el hormigón.*

74.1. La vigilancia y control de calidades de los materiales, de la composición del hormigón y de sus propiedades, deberá realizarse en un laboratorio de obra debidamente equipado, para que en él puedan realizarse todos los ensayos fijados en el Pliego de Condiciones.

74.2. Al frente del laboratorio habrá un técnico capacitado, y los encargados de la realización de los ensayos deberán tener probada preparación.

74.3. Los resultados de los ensayos obtenidos en los laboratorios de obra, debidamente clasificados, se considerarán como parte del Archivo Técnico de Construcción, debiendo ser conservados cuidadosamente.

Estos resultados se resumirán en los partes mensuales y en el Boletín de Información correspondiente.

74.4. Las probetas deben sacarse directamente del hormigón vertido en la obra, separando los áridos cuyo tamaño máximo exceda de los admitidos en las Normas.

74.5. Las pruebas del laboratorio de obra deben convalidarse periódicamente con ensayos iguales repetidos en laboratorios oficiales especializados. Asimismo deben contrastarse periódicamente los aparatos del laboratorio de obra.

74.6. En los conductos de drenaje, accesibles desde las galerías de vigilancia y seguridad de la presa, deben efectuarse pruebas periódicas de permeabilidad consistentes en el llenado de agua y observación de las filtra-

ciones. Los resultados se consignarán en el Archivo Técnico de la Construcción y resúmenes de los mismos figurarán en los partes mensuales y Boletín de Información correspondiente.

74.7. En el Anejo núm. 1 se detallan los ensayos a que se recomienda someter el hormigón en el curso de la ejecución de las obras.

ARTÍCULO 75. — *Mampostería.*

75.1. Las piedras para mampostería deberán poseer solidez suficiente, presentar una textura lo más uniforme y compacta posible, estar completamente sanas y ser resistentes a los agentes atmosféricos. Si van a ser colocadas a mano, su tamaño permitirá que sean manejadas por un obrero, o, excepcionalmente, por dos.

75.2. Las piedras poseerán al menos una cara adecuada al asentamiento. Deberán quitarse todos los materiales adheridos, o exfoliaciones que puedan dificultar la buena adherencia entre la piedra y el mortero. Antes de colocarlas se lavarán y limpiarán bien con cepillos de alambre u otro procedimiento adecuado.

75.3. El mortero empleado debe ser impermeable y su granulometría, dosificación en cemento, tipo de éste y métodos de fabricación, se cuidarán con precauciones análogas a las prescritas para el hormigón de presas.

75.4. La consistencia del mortero a la salida de la hormigonera, deberá ser tal que permita una buena trabajabilidad en obra, prohibiéndose la adición posterior de agua.

75.5. Se cuidará de no deteriorar la mampostería ya ejecutada durante el transporte de las piedras.

75.6. Los mampuestos deberán humedecerse antes de asentarlos, debiendo quedar apoyados y envueltos en mortero, sin que exista ninguna discontinuidad en el recubrimiento ni ningún contacto directo entre ellos. El menor espesor del mortero en las juntas deberá ser, por regla general, de unos 2 cm. Deberán quitarse los pequeños salientes que presenten las superficies de las piedras.

75.7. Apoyados los mampuestos en el mortero como se indicó anteriormente, deberán calzarse por la introducción de fragmentos de piedra humedecidos (tacos o ripios). Cuando se utilicen piedras de rocas esquistosas, deberán asentarse de un modo adecuado a la estratificación.

75.8. Las juntas laterales deberán llenarse completamente de mortero, introduciéndose luego piedras en los puntos de mayor anchura para asegurar el que las piedras mayores queden lateralmente fijas en sus posiciones relativas, y evitar la formación de pequeñas bolsas de aire por asiento del mortero. También se evitará cualquier movimiento o desplazamiento de una piedra ya asentada. Antes de ejecutar una nueva capa de mampostería, deberán quitarse de la superficie de asiento todas las piedras sueltas y fragmentos de mortero endurecido.

75.9. Las diferencias de altura entre los bloques ejecutados consecutivamente, no deberán pasar como regla general de 1,5 m., para evitar diferencias de asentamientos, origen de posibles fisuras.

75.10. La mampostería recién contruida deberá protegerse, todo lo posible, durante los primeros días,

del sol y del viento. En condiciones de frío intenso o heladas, deberán suspenderse los trabajos de mampostería y proteger la obra construida de los estragos del hielo con una cobertura adecuada.

75.11. Tras períodos largos de interrupción de la mampostería, deberán picarse las juntas para obtener la superficie más rugosa posible, debiendo limpiarla de suciedades y elementos sueltos, incluso fragmentos de piedra. En seguida se lavará la superficie con chorro de agua a presión y se barrerá con escobas de alambre. Se asentará entonces la nueva capa sobre un lecho de mortero especialmente rico.

75.12. Si la mampostería se ejecuta por el sistema de primas a la producción, deberá extremarse el control de calidad, para garantizar ésta.

ARTÍCULO 76. — *Drenajes y galerías.*

76.1. Siempre que las dimensiones de la presa lo aconsejen se dispondrán galerías de inspección y drenaje próximas a la cimentación de la presa y al paramento de agua arriba de la misma, de dimensiones suficientes para ejecutar desde ellas sondeos, inyecciones y pantallas de impermeabilización cuando fuere necesario.

76.2. En presas de gran altura, se dispondrán también galerías de visita a alturas intermedias. Se recomienda que su separación en vertical no exceda de 30 metros.

76.3. Es muy aconsejable prolongar estas galerías en las laderas, a fin de poder inspeccionar el terreno y obtener información directa acerca de las filtraciones que se producen al poner en carga el embalse. Las dimensiones de las galerías serán suficientes para que en ellas puedan trabajar máquinas de perforación e inyección.

76.4. Las galerías de inspección deben enlazarse mediante una red de conductos, para disminuir los efectos de la subpresión. Es fundamental que estos conductos se extiendan a la cimentación de la presa, en donde los efectos de la subpresión son máximos y pueden ser más peligrosos.

76.5. La disposición de los conductos debe ser tal que permita su inspección individual y cómoda desde las galerías, y su limpieza o reperfusión en caso de obstrucción.

76.6. En las presas bóvedas o cúpulas delgadas, puede prescindirse de la red de conductos y galerías, pero deberán conservarse las de cimentación, siempre que ello sea factible.

76.7. Deben adoptarse las precauciones necesarias para evitar la inundación de estas galerías por los caudales filtrantes, instalando, si es necesario, pozos de recogida y bombas de achique. Se procurará separar los caudales filtrantes a distintos niveles y distintos bloques, a fin de poder registrar sus aforos y las variaciones de los mismos con el tiempo.

ARTÍCULO 77. — *Camino de coronación.*

77.1. Por la coronación de las presas de fábrica se dispondrá un camino de servicio, que no deberá quedar interrumpido por los aliviaderos ni por cualquier otra obra de la instalación.

77.2. Entre la cota de coronación y la del máximo nivel normal de embalse, debe quedar un resguardo no inferior a un metro en las presas de gravedad o bóveda, ni a 1,50 m. en las de contrafuertes. Respecto del máximo nivel de embalse en crecidas, el resguardo será el necesario para evitar el desbordamiento del oleaje.

ARTÍCULO 78. — *Prescripciones especiales para las presas de gravedad.*

78.1. Se procurará evitar que un mismo bloque quede cimentado sobre terrenos de deformabilidad muy distinta.

78.2. En general, la cimentación de cada bloque comprendido entre dos juntas transversales deberá ser, en lo posible, aproximadamente horizontal, o con ligera pendiente hacia agua arriba, en la dirección normal al eje de la presa.

78.3. En la dirección del eje de la presa se admitirá el escalonamiento de la cimentación para adaptarse a la pendiente de la ladera, pero deberá suavizarse en lo posible, evitando grandes desniveles y haciendo coincidir con los escalones mayores las juntas de contracción, que se proyectarán para permitir la deformación relativa entre bloques o estudiando, en caso de existir desniveles de consideración, el efecto de transmisión de esfuerzos entre bloques.

78.4. En las presas de gran altura se recomienda enlazar los paramentos con la roca de cimentación por medio de acuerdos circulares, para evitar concentraciones de tensiones. También es recomendable suavizar en el paramento de agua abajo los acuerdos entre el talud principal y el vertical de coronación.

ARTÍCULO 79. — *Prescripciones especiales para las presas de contrafuertes.*

79.1. No será admisible la mampostería como fábrica utilizable para la construcción de este tipo de presas.

79.2. En el Proyecto de las de gran altura, deben estudiarse con especial detalle los deslizamientos efectivos y el posible pandeo de los contrafuertes, y las tracciones efectivas en las cabezas o pantallas, debidas a su flexión por efecto simultáneo de su peso propio, empuje hidrostático y acción de las presiones intersticiales sobre planos horizontales y verticales.

79.3. En los contrafuertes de gran altura se estudiarán los esfuerzos adicionales en la cabeza como consecuencia de la rigidez del cimientado y deformabilidad del alma del contrafuerte.

79.4. Deberán armarse especialmente las cabezas o pantallas y su unión con el alma de cada contrafuerte, en el caso de que las tracciones rebasen los límites admisibles.

79.5. En las presas de pantallas, bóvedas o cúpulas múltiples, se estudiarán los efectos térmicos y las tensiones debidas a las diferencias de altura de los contrafuertes, así como la transmisión de esfuerzos de aquellas a los contrafuertes. En las de cabeza, se dispondrán juntas permanentes de contracción, cuidando de manera especial su impermeabilización.

79.6. Durante la construcción se extremarán las pre-

cauciones para evitar posibles fisuraciones o grietas de retracción en los contrafuertes.

79.7. Para la cimentación de estas presas, serán de aplicación las mismas normas establecidas para las de gravedad, salvo que no será admisible su escalonamiento en dirección transversal al eje de la presa, para un mismo contrafuerte.

ARTÍCULO 80. — *Prescripciones especiales para las presas bóvedas y cúpulas.*

80.1. En este tipo de presas deben determinarse las reacciones de apoyo en estribos y cimientados teniendo en cuenta la deformabilidad de la roca de cimentación, tanto por la acción de las cargas a ella transmitidas como por las deformaciones independientes a dichas cargas.

80.2. Se estudiará muy especialmente la resistencia de los estribos, el empotramiento de los arcos horizontales con el terreno, la dirección de la resultante de empujes y la seguridad al deslizamiento en el plano de transmisión de esfuerzos.

80.3. En las zonas de las presas bóvedas donde aparezcan esfuerzos de tracción debidos a solicitudes principales o secundarias se recomienda armar el hormigón con redondos de acero.

80.4. Es muy recomendable comprobar mediante ensayos sobre modelo reducido la distribución de tensiones resultante de los cálculos.

80.5. Cuando se proyecta el vertedero sobre la coronación habrá de evitarse la posibilidad de vibraciones y se adoptarán los dispositivos convenientes para asegurar la protección del pie de la presa, siendo preceptivo el estudio hidráulico sobre modelo reducido del comportamiento de las disposiciones adoptadas para dicha protección.

ARTÍCULO 81. — *Auscultación de presas. Registro de subpresiones.*

81.1. Cuando la forma o las dimensiones de la presa así lo aconsejen y, en general, cuando la carga máxima de trabajo en la presa sea superior a 30 Kg./cm.², figurará en el Proyecto un programa esquemático de auscultación que comprenda las etapas siguientes:

- a) Construcción.
- b) Puesta en carga hidráulica parcial.
- c) Con embalse lleno hasta la cota normal de explotación.
- d) Sugerencias para el período de explotación.

81.2. Según la importancia de la solución adoptada, convendrá realizar la auscultación sobre mayor número de magnitudes y en mayor número de puntos.

81.3. Es aconsejable:

- a) La medida de los movimientos relativos entre la presa y el terreno.
- b) La medida de la temperatura en el interior de la presa, en el agua próxima a ella y en el valle en que está situada.
- c) La medida de subpresiones.
- d) La medida de movimientos en las juntas entre bloques.

81.4. En presas de gran altura, cuando las características lo aconsejen y, en general, cuando las cargas de trabajo sean mayores de 50 Kg./cm.², es aconsejable la utilización de medidores de deformaciones locales. El programa de auscultación de la presa deberá ir acompañado de la propuesta de ensayos necesarios para conocer las características reológicas del hormigón empleado, al ser sometido a variaciones de humedad, temperatura y compresión.

81.5. Durante la construcción se vigilará la colocación de los dispositivos para medidas de subpresiones, tensiones, deformaciones, temperaturas internas, etc., evitando que puedan deteriorarse o destruirse las conexiones para la lectura a distancia.

81.6. Los resultados de las medidas de auscultación se conservarán en el "Archivo de Explotación".

81.7. Cuando en el control periódico, durante la explotación, se acusen valores de la subpresión superiores a los admitidos en el cálculo, se dispondrán limitaciones en el embalse hasta que no se adopten remedios adecuados para reducirla hasta los límites del Proyecto.

CAPITULO VI

Normas especiales para las presas de materiales sueltos.

ARTÍCULO 82. — *Definiciones y clasificación.*

82.1. Presas de materiales sueltos son las construídas con elementos no ligados entre sí por conglomerantes hidráulicos.

82.2. Según el material de que estén construídas, suelen clasificarse en "presas de tierra" y "presas de escollera".

82.3. En las presas de tierra cabe distinguir dos subgrupos: las "homogéneas", donde la totalidad del terraplén tiene las mismas características, y las "heterogéneas", donde el terraplén está dividido en zonas con diferentes densidades, permeabilidad y cohesiones.

82.4. En las de escollera es corriente considerar tres subgrupos: "escollera no clasificada", "escollera clasificada" y "mampostería en seco"; pero en realidad la transición de unos a otros tipos se efectúa gradualmente y no es posible dar normas generales que permitan distinguirlos.

ARTÍCULO 83. — *Normas para el cálculo de presas de materiales sueltos.*

83.1. Entre los distintos procedimientos utilizables para la verificación de la estabilidad de este tipo de presa, se recomienda, por su sencillez y claridad, el de la comprobación de las distintas superficies de deslizamiento posible, comparando en cada una de ellas las fuerzas resistentes a los esfuerzos tangenciales, con la magnitud de éstos, de acuerdo con la teoría de la Mecánica del Suelo.

83.2. El coeficiente de seguridad al deslizamiento, en cada sección, se define por el cociente de la suma

de las fuerzas que se pueden oponer al deslizamiento, por la de las que tienden a producirlo, en el supuesto de deslizamiento plano, y por el cociente de los momentos de las mismas fuerzas respecto al centro instantáneo de giro en la iniciación del deslizamiento supuesto sobre una superficie de sección curva. La presión intersticial debe incluirse como fuerza desfavorable que se opone en cada punto a la presión normal a la superficie de deslizamiento.

83.3. Deben tantearse numerosas superficies de posible deslizamiento para obtener la seguridad de cubrir la hipótesis más desfavorable. En general suelen utilizarse para estos tanteos círculos de diferentes radios y centros y, en algunos casos, también planos y espirales.

83.4. El coeficiente de seguridad, para la hipótesis más desfavorable, no debe ser inferior a 1,25, a condición de que los mínimos valores posibles de los coeficientes de cohesión y rozamiento que intervienen en su cálculo se hayan determinado con precisión suficiente. En otro caso, los coeficientes de seguridad deben aumentarse prudencialmente.

83.5. El proyecto de las presas de materiales sueltos requiere de ordinario la colaboración de técnicos especializados en ensayos de materiales y en el estudio de este tipo de estructuras, y siempre es indispensable contrastar los resultados del cálculo con las características de presas similares ya construídas y cuyo comportamiento sea satisfactorio.

ARTÍCULO 84. — *Solicitaciones que se deben considerar.*

84.1. Debido a la gran masa de estas estructuras y a que su estabilidad exige taludes muy tendidos del lado de agua arriba, no es necesario tener en cuenta en los casos ordinarios los empujes del hielo y de las olas, y raras veces hará falta considerar los efectos sísmicos. Los efectos de la variación de temperatura pueden despreciarse en todos los casos.

84.2. Se considerarán, en todo caso, las solicitaciones siguientes: peso propio, presión hidrostática con máximo nivel de embalse en crecidas, considerando los efectos de la presión intersticial.

84.3. Las combinaciones de esfuerzos que se consideren serán las que correspondan a embalse lleno y a embalse vacío subsiguiente a un desembalse rápido. En algunos casos, sobre todo cuando se trata de presas homogéneas o de núcleos arcillosos, será necesario estudiar también la estabilidad durante la construcción, ya que en esta fase la compactidad y humedad de las tierras no es la definitiva y puedan determinar valores de la densidad y cohesión incompatibles con la estabilidad de la obra construída. También debe tenerse en cuenta que la consolidación mecánica de las tierras arcillosas puede crear un régimen inicial de presiones intersticiales muy superiores a las correspondientes, incluso a la condición de embalse lleno, que pueden mantenerse durante años antes de alcanzar el régimen final de presiones.

84.4. El conocimiento de la distribución de presiones intersticiales en cualquiera de las hipótesis de carga es fundamental en este tipo de estructura. Exige una cuidadosa determinación del coeficiente de permeabili-

dad de los materiales utilizados, y un estudio detenido para fijar los trazados de las líneas de saturación y filtración. Habrá de tenerse en cuenta la posibilidad de que una intensa temporada de lluvias pueda llegar a producir una elevación importante en la línea de saturación modificando al propio tiempo las líneas de corriente. Son recomendables los ensayos basados en analogías eléctricas.

ARTÍCULO 85. — *Condiciones de los cimientos.*

85.1. Deberán investigarse mediante los oportunos ensayos, cuyos resultados se incorporarán al Proyecto y deberán tenerse en cuenta en los cálculos del mismo las condiciones de resistencia e impermeabilidad de la cimentación, extendiendo su estudio a un número suficiente de puntos de la superficie de apoyo.

85.2. Cuando la presa vaya a cimentarse sobre tierras, arenas u otra clase de materiales sueltos, los ensayos deberán incluir pruebas de consolidación, entumecimiento, permeabilidad, granulometría, índice de huecos, peso específico y ensayos de compresión triaxial, con los que se determinarán los valores de la resistencia al esfuerzo cortante, cohesión, densidad, permeabilidad y asientos posibles del cimiento, necesarios para elaborar el Proyecto.

85.3. Deberán tomarse las precauciones necesarias para que la presión intersticial en los cimientos no sobrepase en ningún punto y con ningún régimen los límites admisibles, y que la velocidad de filtración sea suficientemente reducida para evitar arrastres o sifonamientos, estableciendo pozos de descomposición u otros sistemas. Si el terreno no es suficientemente impermeable, se dispondrán rastrillos de impermeabilización mediante zanjas rellenas de hormigón o tierra compactada, pilotes hincados, tablestacas o inyecciones, según se considere más aconsejable, teniendo en cuenta las características del terreno.

85.4. Puede ser eficaz sustituir los rastrillos de impermeabilización o complementarios por mantos de impermeabilización, formados por una capa de tierra impermeable compactada, que se extienda desde el núcleo o pantalla hacia el embalse, penetrando en éste suficiente longitud para reducir a límites admisibles la velocidad de filtración, aumentando el recorrido del agua filtrante.

85.5. En algunos casos será conveniente completar esta impermeabilización colocando sobre el terreno, agua abajo del rastrillo, una capa de tierra compactada, recubierta de varias otras de áridos de tamaños crecientes, en forma de filtro invertido, para aumentar el recorrido de las líneas de filtración e impedir su penetración en el cuerpo de la presa.

85.6. Es fundamental asegurar al propio tiempo la impermeabilidad de las laderas, que deben protegerse con dispositivos adecuados.

85.7. Si las laderas son de roca, convendrá preparar el contacto del núcleo con el terreno, de tal forma que no queden planos en desplome ni discontinuidades bruscas en la roca.

85.8. El terreno de cimentación deberá limpiarse cuidadosamente, eliminando la capa de tierra vegetal.

ARTÍCULO 86. — *Impermeabilización y drenajes.*

86.1. En las presas de tierra homogéneas, la impermeabilidad puede confiarse al propio cuerpo de la presa, si las características de los materiales son de por sí suficientes para garantizarla. Ahora bien, como la disipación de la presión intersticial es tanto más lenta cuanto menor sea el coeficiente de permeabilidad, ello exige taludes muy tendidos para mantener la seguridad al deslizamiento durante el vaciado rápido del embalse. Por tal motivo, la adopción de este tipo de presas exige una justificación especial.

86.2. En las presas de tierra heterogénea, y en las de escollera, la impermeabilidad ha de confiarse a un núcleo o pantalla impermeable que podrá estar situada en el cuerpo de la presa, en la posición y forma que resulte más aconsejable.

86.3. La pantalla de aguas arriba puede ser metálica, de hormigón en masa o armado y aquella y el núcleo de hormigón asfáltico, tierra compactada u otro material cualquiera que ofrezca garantías de duración e impermeabilidad.

86.4. En el caso de pantallas de hormigón deberá estudiarse cuidadosamente la disposición de juntas, que garanticen la impermeabilidad, permitiendo el juego de asientos previsible.

86.5. Si la pantalla es de tierra, su espesor y granulometría y gradación de finos de sus componentes deberán estudiarse cuidadosamente, previos los ensayos correspondientes, para garantizar una impermeabilidad suficiente, así como para evitar el riesgo de su destrucción por arrastre de los finos a consecuencia de los fenómenos de filtración.

86.6. La pantalla deberá ser protegida, en este caso, en el paramento de agua arriba por una serie de capas de áridos de tamaños crecientes, en forma de filtro invertido, que permitan sin riesgo la rápida disminución de la presión intersticial al vaciarse el embalse. El conjunto se protegerá contra el oleaje por una capa de mampostería en seco o escollera.

86.7. Por el lado de agua abajo, deberán también disponerse una protección de filtros, para reducir sin riesgo de arrastres la presión intersticial a embalse lleno. En muchos casos, será conveniente facilitar la evacuación de los caudales filtrados mediante una red de drenajes.

86.8. Si la impermeabilización se confía a un núcleo central, éste puede ser de hormigón o de tierras compactadas.

86.9. El núcleo de hormigón es generalmente poco recomendable por la facilidad con que puede agrietarse debido a los asientos de la presa. Sólo podrá utilizarse cuando el terreno de cimentación sea uniforme, resistente y prácticamente indeformable. Estará dotado de juntas de contracción, dotadas de dispositivos de impermeabilidad y sus paramentos serán planos, sin reñientes ni escalones.

86.10. Por la parte de agua abajo, deberá dotarse de un sistema de filtros, y se recomienda construir al pie del núcleo una galería para inspección de cimientos y recogida de drenajes.

86.11. Por la parte de agua arriba, es recomendable enlucirlo con arcilla.

86.12. El núcleo de impermeabilización constituido por tierras, es preferible en la mayoría de los casos. Deben adoptarse las mismas precauciones que en el caso de pantallas de tierra para la evacuación de los caudales filtrantes.

86.13. En general, tanto en las presas de escollera como en las de tierra, la gradación de permeabilidades del material debe ser creciente desde el núcleo a ambos paramentos.

86.14. En las presas de tierra homogéneas o en las que el valor de permeabilidad del espaldón de aguas abajo lo aconseje, es conveniente disponer un sistema de drenaje con gravas y escollera en la zona del pie de aguas abajo, a fin de rebajar el nivel de la línea freática en el interior del macizo o en el cimientó, impidiendo que alcance la superficie.

86.15. Cualquiera que sea el tipo de impermeabilización adoptada para la presa, deberá quedar asegurado su perfecto enlace con los rastillos de impermeabilización de los cimientos y laderas.

ARTÍCULO 87. — *Resguardo y coronación.*

87.1. En este tipo de presas es fundamental anular todo riesgo de vertido sobre la coronación, para lo cual deberán adoptarse toda clase de precauciones.

87.2. No se admitirá la colocación de aliviaderos sobre la presa y el resguardo de aquélla deberá ser, como mínimo, de dos metros sobre el máximo nivel de embalse y de metro y medio sobre el máximo nivel de crecidas, determinado con arreglo a lo previsto en el artículo 20. Se dispondrá, además, un pretil de hormigón, gaviones, bloques, etc., capaz de proteger la coronación contra los rociones o salpicaduras del oleaje, siempre que se prevea que estos efectos pueden ser importantes. Este pretil ha de poderse adaptar a los asientos previsibles.

87.3. La anchura mínima de la coronación será de tres metros, y sobre ella debe disponerse un camino de servicio.

ARTÍCULO 88. — *Paramentos.*

88.1. En las presas de tierras el paramento de agua abajo deberá protegerse contra la acción erosiva de la lluvia, por medio de plantaciones de césped u otros vegetales de raíces poco profundas, si la climatología del lugar lo permite, o con una capa de grava. En presas de gran altura es recomendable que se dispongan banquetas cada 15 metros de elevación, aproximadamente, para recoger las aguas pluviales y facilitar la inspección y reparación de los paramentos. Deben dotarse de cunetas de guarda, que eviten la penetración del agua o el encharcamiento de su superficie. Análogas precauciones se adoptarán en la coronación.

88.2. El paramento de aguas arriba debe quedar en todo caso protegido contra los efectos del oleaje, por medio de un revestimiento adecuado.

ARTÍCULO 89. — *Tomas y desagües de fondo.*

89.1. Debe evitarse la colocación de tuberías me-

tálicas o de hormigón, que atraviesen el cuerpo de la presa, por el riesgo que supondrían para la estabilidad de la misma en caso de rotura y porque aun en circunstancias normales facilitan el camino a las filtraciones.

89.2. Las tomas y desagües de fondo se situarán preferentemente fuera del cuerpo de presa, en túneles de ladera.

89.3. Sólo cuando la cimentación sea rocosa e indeformable, se admitirá alojar las tomas en galerías de hormigón, dispuestas en zanjas excavadas en la propia cimentación dimensionándose los espesores del hormigón de tal forma que se asegure su perfecta resistencia a las presiones que han de resistir, tanto durante la construcción como durante la explotación.

ARTÍCULO 90. — *Tierras.*

90.1. Las tierras empleadas en la construcción de la presa deberán estar exentas de material vegetal y ser susceptibles de adquirir por consolidación la impermeabilidad y resistencia al esfuerzo cortante que se precisen para las zonas de presa donde vayan a destinarse.

90.2. Para conocer estas propiedades, deberán ejecutarse los ensayos correspondientes, investigándose en especial las siguientes características: composición granulométrica, permeabilidad, ensayo triaxial, estabilidad en presencia del agua, grado de humedad, límites Aterberg, peso específico real, peso específico aparente, porosidad, expansibilidad o capacidad de entumecimiento y retracción, ensayos Proctor de compactación y propiedades químicas.

ARTÍCULO 91. — *Escollera.*

91.1. La piedra que se emplee en la construcción de una presa de escollera, deberá tener resistencia mecánica y a los agentes atmosféricos para que pueda soportar en buenas condiciones los esfuerzos a que vaya a quedar sometida, y estar limpia de material terroso.

91.2. Como datos fundamentales necesarios para los estudios de estabilidad, deberá determinarse cuidadosamente su peso específico, ángulo de rozamiento y proporción de huecos de la escollera. Dada su importancia, deberán comprobarse experimentalmente por medio de los oportunos ensayos.

ARTÍCULO 92. — *Terraplenado y compactación.*

92.1. Durante la construcción de las presas de tierra, deberá cuidarse que todo el cuerpo de la presa adquiera la compacidad adecuada para obtener las condiciones óptimas de resistencia que puedan dar los materiales que se hayan elegido para su construcción.

92.2. A tal fin, en el Proyecto deberá preverse el grado de compactación que debe conseguirse, como asimismo la composición de las mezclas de tierras, límites de tolerancia admisibles en esta composición o en el grado de humedad, velocidad de ejecución, etc.

92.3. Es muy recomendable que el plan de ejecución vaya precedido de ensayos a gran escala, utilizando medios mecánicos del mismo tipo que los que se emplearán en obra.

92.4. Los materiales extraídos se transportarán desde la cantera al lugar del vertido por medios mecánicos. La composición granulométrica, humedad y demás características deberán ajustarse a lo ya previsto en el Proyecto, y para determinarlos se recurrirá a los ensayos necesarios.

92.5. En cantera se determinarán periódicamente la humedad natural y la composición granulométrica que conducirán a las correcciones de composición y contenido de agua.

92.6. En general, resulta preferible que el vertido se haga por tongadas y no en montones posteriormente extendidos, aunque este último sistema es aceptable si se cuida de que el reparto se lleve a cabo con suficiente uniformidad. El espesor máximo de las tongadas y el máximo tamaño admisible de los terrones dependerán de la naturaleza de las tierras y de los medios mecánicos de compactación de que se disponga.

92.7. Con los medios corrientes, el espesor de las tongadas puede ser de unos 15 a 25 cm., según sean las tierras más o menos coherentes, y el tamaño máximo de los terrones no deberá exceder de 15 cm.

92.8. La compactación podrá hacerse con rodillo (acanalado, de patas de cabra o neumático), o bien con vibradores, según la cohesión del material. Siempre será necesario ensayar sobre el terreno el tipo de compactador más adecuado.

92.9. El grado de compactación se determinará mediante determinación *in situ* de la densidad del terraplén construido.

92.10. La unión del cuerpo de la presa con el terreno se facilitará humedeciendo el terreno después de escarificado éste. Especialmente deberá cuidarse el relleno de la zanja del rastrillo, evitando quede en ella material extraño que pueda perjudicar la impermeabilidad.

92.11. Durante la construcción de la presa, deberán tomarse muestras del cuerpo de la misma por medio de sondas u otro medio, cuyas muestras se someterán en laboratorio a la determinación de su densidad y contenido de agua, a fin de comprobar la conformidad de los resultados con las previsiones del Proyecto. Estas muestras se deberán tomar al menos cada 5 metros de profundidad y en puntos diversos de la obra, especialmente en los sitios de compactación más difícil o menos regular, como en zonas próximas a obras de fábrica, en los bordes o lugares de giro de los elementos de compactación.

92.12. En las regiones y en las épocas lluviosas, deberán tomarse precauciones especiales, disponiendo los trabajos de forma que el agua de lluvia pueda evacuarse fácilmente y no se encharque la superficie. De no disponer de protección adecuada en caso de lluvia, los trabajos de consolidación se suspenderán hasta que puedan conseguirse de nuevo las condiciones de humedad óptimas.

92.13. La construcción de la presa deberá hacerse con un perfil superabundante, respecto del previsto en el Proyecto, a fin de prever los asentamientos de cimientos y presa, cuyos asentamientos deberán también ser objeto de atención y examen continuo.

92.14. Después de construida y asentada suficientemente la presa, se procederá al perfilado y recubrimiento de protección de los paramentos.

ARTÍCULO 93. — *Control de humedad.*

93.1. Para asegurar el grado de compactación deseable, es imprescindible controlar en todo momento el grado de humedad de tierras, procurando que se acerque todo lo posible al valor que se considere como óptimo.

93.2. Se recomienda efectuar la humectación de las tierras, añadiendo el agua necesaria y homogeneizando luego por medio de arados de discos, gradas u otros procedimientos adecuados. No obstante, en tiempo caluroso, puede ser conveniente una aspersión superficial de las tierras extendidas en obra, para compensar las pérdidas de evaporación.

93.3. El contenido de humedad debe vigilarse por medio de sistemas adecuados (penetrómetro, secado al alcohol, en estufa, equipos basados en las propiedades de los radioisótopos, etc.), a fin de ajustar en todo momento el proceso de compactación.

ARTÍCULO 94. — *Ejecución de escolleras.*

94.1. Deberá establecerse un control en cantera para el examen de la escollera obtenida y comprobación de la calidad de la piedra (resistente y no heladiza, ni descomponible por las agentes atmosféricos) y la clasificación de tamaños.

94.2. Serán preferibles las piedras de forma redondeada, y en cuanto a su tamaño máximo será el tamaño mayor que permitan los medios de que se disponga para su manipulación y colocación.

94.3. El pedraplén de una presa de escollera debe adquirir la máxima compacidad posible. A este fin, si la construcción se hace por tongadas de pequeño espesor, deberá compactarse por vibración con riego de abundante agua u otros medios. Si el recrecimiento se hace por vertidos desde gran altura, deberá regarse el material con chorros de abundante agua a presión.

94.4. Antes de aplicar una capa de escollera, la anterior debe presentar una superficie lo más rugosa posible y limpia, después de eliminar las piedras pequeñas que tuviere.

94.5. La mampostería en seco deberá construirse de forma que su terminación en los paramentos resulte lo más normal posible a ellos.

94.6. El replanteo de los paramentos durante la construcción, deberá hacerse teniendo en cuenta los asentamientos y desplazamientos horizontales previsibles.

94.7. Si la impermeabilización es con pantalla, deberán esperarse los primeros asentamientos de la escollera para iniciar la construcción de la capa de mampostería en seco, que servirá de asiento a la pantalla.

94.8. En cuanto a la propia pantalla de impermeabilización se construirá lo más tarde posible para dar el máximo tiempo para que se produzcan los asentamientos.

94.9. Si la impermeabilización es por núcleo de tierras, su construcción se ajustará a las mismas peculiaridades que en el caso de una presa de tierras.

ARTÍCULO 95. — *Auscultación.*

95.1. Durante la construcción deberán dejarse montados los elementos de medida que permitan determinar

la magnitud de los asientos y corrimientos de la presa y cimentación y las presiones de las tierras y del agua intersticial.

95.2. Igualmente se deberán registrar los niveles freáticos del agua en cimientos y cuerpo de presa, agua abajo del elemento de impermeabilización y adoptarse dispositivos para medir los caudales filtrantes recogidos por la red de drenaje.

ANEJO I

1. Para los ensayos de hormigón se recomienda emplear los dos siguientes tipos de probetas:

- a) Probeta cilíndrica de 15 cm. de diámetro por 30 centímetros de altura.
- b) Probeta cilíndrica de 30 cm. de diámetro por 45 centímetros de altura.

2. Para confeccionar las probetas de 15 cm. de diámetro, se cribará el hormigón fresco por un tamiz de 40 mm. de malla cuadrada y se rellenarán los moldes en tres capas de la misma altura aproximadamente, la masa se consolidará apisonando a mano con 25 golpes de barra de hierro de 16 mm. de diámetro y 60 cm. de longitud, terminada en punta de bala de fusil.

3. Las probetas de 30 cm. de diámetro por 45 cm. de altura se confeccionarán incluyendo todos los tamaños del árido y se consolidarán por vibración, en dos capas, por medio de un vibrador de inmersión que tenga un elemento vibrador de 25 mm. de diámetro aproximadamente.

4. Todas las probetas deben conservarse en agua durante los siete primeros días, y en cámara de curado en adelante.

5. Las resistencias a compresión, típicas de los hormigones, son las correspondientes a las obtenidas a los noventa días en probetas cilíndricas de 30 cm. de diámetro por 45 cm. de altura, y en obras importantes deberán compararse con los resultados obtenidos con testigos sacados con sonda del mismo diámetro, y preparados con la misma altura que la probeta.

6. Para el control continuo del hormigón y también en presas que no sean de mucha importancia a juicio del Ingeniero autor del Proyecto, se empleará la probeta de diámetro 15×30 cm. una vez establecida la correlación entre los resultados obtenidos con este tipo de probeta y la de diámetro 30×45 cm., efectuándose las roturas a siete y veintiocho días de todas las muestras, y dejando periódicamente algunas probetas para romper a noventa días.

7. Las pruebas del laboratorio de obra deben convalidarse periódicamente con ensayos iguales repetidos en laboratorios oficiales. Asimismo deben contrastarse periódicamente los aparatos de laboratorio de la obra.

8. Además de los ensayos que se han de realizar antes de iniciar el hormigonado de la presa y que han

de servir para establecer los distintos tipos de hormigón, y siempre que se modifiquen estos tipos, el Ingeniero autor del Proyecto debe especificar las clases de ensayos de control y la frecuencia de éstos para asegurar la calidad requerida en la obra.

9. En el Pliego de Condiciones del Proyecto se señalarán los ensayos de control que se consideren necesarios. Para obras importantes, se recomiendan las siguientes:

a) *Granulometría de los áridos.* — Cada 2.000 m.³ de hormigón, por lo menos, una vez por semana. Norma MELC 4.10-a, MELC 4.07-a y MELC 4.04-a.

b) *Humedad libre en las arenas.* — De manera constante, por procedimientos automáticos de medida en presas de gran importancia, y cada dos horas en presas de menor importancia. Además, siempre que se produzcan variaciones de trabajabilidad sensibles en el tajo o de 5 mm. en el asiento. Tipo de ensayo manual: Picnómetro, designación 9 Concrete Manual del B. of Reclamation.

c) *Asiento en cono de Abrams.* — (Aire ocluido). En el momento de toma de muestras para confeccionar probetas y siempre que se hayan observado diferencias de asiento no justificadas por otras causas. Método de ensayo MELC 5.03-a.

d) *Resistencias mecánicas y densidad.* — Toma de muestra en el tajo y confección de probetas una vez al día para cada tipo de hormigón empleado y para cada bloque y tongada. Como mínimo, cada 500 m.³ de hormigón.

e) *Permeabilidad.* — En probetas cúbicas de 20 cm. de lado, a los veintiocho días con variación de presión hasta 30 Kg./cm.².

f) *Resistencia a la congelación.* — Sólo en presas sometidas a condiciones climáticas severas. Con probetas sometidas a ciclos de hielo y deshielo y midiendo el módulo elástico dinámico con ultrasonido y comparándolo con el de una probeta igual conservada en agua. Una vez al día para cada tipo de hormigón empleado.

10. Para comprobar el grado de homogeneidad del hormigón ejecutado, es conveniente determinar las desviaciones medias cuadráticas relativas de los resultados de los ensayos, por etapas de cuatro meses y en el conjunto de la obra.

11. Para comprobar la calidad de la unión conseguida entre tongadas, se deben hacer pruebas de absorción de agua o permeabilidad, por tramos, aprovechando los conductos de drenaje de la presa. En obras importantes se determinará la resistencia a tracción de la unión entre tongadas mediante el ensayo de Carneiro-Wright sobre un testigo de 15 cm. de diámetro, como mínimo, obtenido con sonda siguiendo el plano de la junta, y efectuada la rotura por este plano de la junta; o bien, empleando otros procedimientos de ensayo a tracción. Los resultados se archivarán en el "Archivo Técnico de la Presa" y se resumirán en el "Boletín Informativo".