



**AUTORIDAD NACIONAL DE LOS SERVICIOS PUBLICOS
REPUBLICA DE PANAMA**

NORMAS PARA LA SEGURIDAD DE PRESAS

SEPTIEMBRE DE 2010

INDICE

- 1.- Enfoque y propósitos de la Normativa
 - 1.1.- Marco de referencia
 - 1.2.- Objetivos
 - 1.3.- Ámbito de aplicación

- 2.- Categorización de presas y elementos hidroelectromecánicos
 - 2.1.- Categorización de las presas
 - 2.1.1.- Marco referencial
 - 2.1.2.- Categorizaciones
 - 2.1.3.- Categorización adoptada
 - 2.1.4.- Características complementarias de la categorización
 - 2.2.- Categorización de elementos hidroelectromecánicos

- 3.- Calificación de las presas y elementos hidroelectromecánicos
 - 3.1.- Diagnóstico y Calificación
 - 3.2.- Condición de Seguridad Permanente
 - 3.3.- Incumplimiento de la Condición de Seguridad
 - 3.4.- Condición de Seguridad Transitoria
 - 3.5.- Condición de Potencial Vulnerabilidad en Emergencia
 - 3.6.- Políticas de Cambio de Calificación

- 4.- Requerimientos de seguridad
 - 4.1.- Disposiciones Generales
 - 4.2.- Obras civiles
 - 4.2.1.- Etapa de diseño
 - 4.2.1.1 Criterios de diseño
 - 4.2.1.2 Seguridad hidrológica
 - 4.2.1.3 Seguridad Sísmica
 - 4.2.1.4 Seguridad estructural
 - 4.2.1.5 Sistema de auscultación
 - 4.2.2.- Etapa de construcción
 - 4.2.2.1.- Aspectos Generales
 - 4.2.2.2.- Control instrumental
 - 4.2.3.- Controles durante el primer llenado del embalse
 - 4.2.4.- Etapa de operación
 - 4.2.4.1 Controles
 - 4.2.4.2 Informe de Incidentes Vinculados con la Seguridad de la Presa

- 4.2.4.3.- Accidentes con lesiones graves o muerte de personas
- 4.2.4.4.- Informe de Modificaciones en la Presa y Obras Auxiliares
- 4.2.5.- Etapa fuera de servicio (en estado de abandono operativo)
- 4.2.6.- Resumen de condiciones de verificación
- 4.3.- Elementos hidroelectromecánicos
 - 4.3.1.- Etapa de diseño
 - 4.3.1.1 Criterios de diseño
 - 4.3.1.2.- Capacidad de descarga para vaciado del embalse
 - 4.3.2.- Etapa de montaje y reparaciones
 - 4.3.3.- Etapa de operación
- 5.- Crecidas
 - 5.1.- Crecidas a Considerar
 - 5.2.- Niveles Característicos del Embalse
 - 5.3.- Resguardos
 - 5.4.- Normas de Operación de Presas y Embalses
- 6.- Sismicidad
 - 6.1.- Sismos a Considerar
 - 6.2.- Sismo de Operación Normal (SON)
 - 6.2.1.- Características generales
 - 6.2.2.- Aplicación
 - 6.3.- Sismo de Verificación de Seguridad (SMV)
 - 6.3.1.- Características generales
 - 6.3.2.- Aplicación
- 7.- Control de la seguridad de presas existentes
 - 7.1.- Disposiciones generales
 - 7.2.- Condiciones y acciones actuantes en la etapa de Operación
 - 7.3.- Revisión de las Obras Civiles
 - 7.3.1.- Fases de investigación
 - 7.3.2.- Informes
 - 7.4.- Revisión de los equipos hidroelectromecánicos
 - 7.5.- Análisis de la Condición de Operación Extraordinaria
 - 7.5.1.- Estructuras de las Obras de Retención
 - 7.5.2.- Estructuras Hidráulicas de Descarga
 - 7.6.- Actualización de los Esfuerzos sobre la Estructura de la Presa para Operación Extraordinaria
 - 7.7.- Restricciones en el Nivel del Embalse por Ocupación Indevida
 - 7.7.1.- En Elementos de Descarga
 - 7.7.2.- En el Nivel del Embalse

- 8.- Control de las obras en construcción y operación
 - 8.1.- Inspecciones de Obras Civiles
 - 8.2.- Obras Civiles – Componentes a ser controlados
 - 8.2.1.- Etapa de Proyecto y Construcción – Consideraciones Generales
 - 8.2.2.- Etapa de Operación Normal
 - 8.2.2.1.- Mediciones e inspecciones
 - 8.2.2.2.- Producción de informes de rutina
 - 8.2.2.3.- Proceso e interpretación de la información generada
 - 8.3.- Control y limitaciones de los equipos hidroelectromecánicos
 - 8.3.1.- Enumeración y descripción
 - 8.3.1.1.- Limitación para resistir la carga hidrostática normal
 - 8.3.1.2.- Limitación para resistir la carga hidrostática extraordinaria
 - 8.3.1.3.- Limitación operativa propia o del equipo auxiliar
 - 8.3.2.- Ensayos operativos
 - 8.3.3.- Evaluación y cotejo con parámetros de diseño
 - 8.3.4.- Recomendaciones de mantenimiento preventivo y/o correctivo
- 9.- Planificación de las Acciones durante Emergencias (PADE)
 - 9.1.- Identificación de las emergencias
 - 9.1.1.- Detección de la Anomalía
 - 9.1.2.- Tipos de Alerta
 - 9.2.- Implementación de un Sistema de Alerta Hidrológico
 - 9.3.- Estudio de Situaciones de Emergencia
 - 9.3.1.- Bajo Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias
 - 9.3.2.- Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal
 - 9.3.3.- Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias
 - 9.3.4.- Por Apertura Súbita de Compuertas
 - 9.3.5.- Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga
 - 9.3.6.- Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa
 - 9.4.- Estudio de Afectación de Ribera de Embalse y Valle
 - 9.5.- Vinculación con el Sistema de Protección Civil. Planes de evacuación
 - 9.6.- Diseño del Diagrama de Avisos.
 - 9.7.- Procedimiento para Declarar la Emergencia
 - 9.8.- Procedimiento para el Manejo de la Emergencia
 - 9.9.- Simulacros de emergencia
- 10.- Características y condicionantes para el abandono de una presa
 - 10.1.- Marco de referencia



- 10.2.- Responsable de una presa fuera de servicio
- 10.3.- Autorización de abandono operativo de una obra
- 10.4.- Programa de controles durante el abandono operativo de una presa
- 10.5.- Manejo de sedimentos
- 10.6.- Programa de seguridad de una obra desmantelada
- 10.7.- Documentación de una obra abandonada

Apéndices

- A.- Glosario
- B.- Requerimientos para la verificación estructural
- C.- Criterios para la evaluación de crecidas
- D.- Franjas de Operación del Embalse
- E.- Caracterización de los sismos para verificación estructural de presas
- F.- Características y frecuencias de los controles de las obras
- G.- Criterios para la propagación de ondas de crecida aguas abajo de presas

ABREVIATURAS

ASEP	Autoridad Nacional de los Servicios Públicos de la República de Panamá
CDA	Crecida de Diseño Afluyente
CMP	Crecida Máxima Probable
CRC	Componentes de Rotura Crítica
UTESEP	Unidad Técnica de Seguridad de Presas de ASEP
FEMA	U.S. Federal Emergency Management Agency
FS	Factor de Seguridad
ICOLD	International Committee on Large Dams
NMCE	Nivel Máximo del embalse para la Condición de Emergencia
NmiON	Nivel Mínimo de Operación Extraordinaria del embalse
NMOE	Nivel Máximo de Operación Extraordinaria del embalse
NMON	Nivel Máximo de Operación Normal del embalse
PADE	Plan de Acción durante Emergencias
PMP	Precipitación Máxima Probable
SMC	Sismo Máximo Creíble
SMV	Sismo Máximo de Verificación
SON	Sismo de Operación Normal

1.- ENFOQUE Y PROPÓSITOS DE LA NORMATIVA

1.1.- Marco de referencia

En gran parte del mundo actual las condiciones socioeconómicas están en constante evolución y sus habitantes demandan un mayor conocimiento y control de los riesgos a que están sometidos, tanto por las catástrofes naturales como por las antrópicas. En tal sentido, una legislación adecuada colabora a mejorar la calidad de vida en lo que respecta a estos riesgos.

Las catástrofes y diversos incidentes generados con la falla de presas, con pérdidas de vidas y bienes así como con importantes daños al medio ambiente, han demostrado claramente la necesidad de disponer y aplicar adecuadas prácticas de seguridad implementadas en normativas como la presente.

Las presas constituyen estructuras especiales cada una dispone de características particulares en cuanto a su geometría, geología, materiales constructivos, etc., que no permiten utilizar tipos de diseño unificados. Cada presa debe ser tratada individualmente, considerando todos los factores intervinientes. El objetivo fundamental de esta Normativa es asistir a ese proceso.

La ASEP, a través de su Unidad Técnica de Seguridad de Presas (UTESEP), será el órgano de inspección y control, como principal garante de la seguridad de presas; a su vez la aplicación de la Normativa Técnica, desde el punto de vista conceptual, pierde validez si no se dispone de sistemas de control y alarma en todas las presas en explotación.

1.2.- Objetivos

El objetivo básico de la presente Normativa Técnica preparada por la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos de la República de Panamá, ASEP, es disponer de un Documento que establezca y regule los requisitos y condiciones técnicas que los Responsables Primarios deberán cumplir durante las fases de: proyecto; construcción; primer llenado del embalse; explotación y puesta fuera de servicio de las presas y embalses, con el fin de alcanzar sus óptimas condiciones de utilidad y seguridad que eviten daños personales, de bienes y al medio ambiente.

Esta Normativa contempla como objetivos generales:

- Definir los requerimientos de tal manera que la seguridad de las presas existentes pueda ser evaluada de manera consistente y adecuada.
- Definir los requerimientos y establecer las condiciones para que las nuevas presas puedan ser diseñadas, construidas y controladas para ser seguras.
- Posibilitar una evaluación consistente de las deficiencias en la seguridad de presas que lleve a mejorar la seguridad de las mismas.
- Proveer el contenido técnico y conceptual de la legislación para regulación de la seguridad de las presas.

Como objetivos particulares la Normativa se enfoca a:

- Garantizar la seguridad de las poblaciones susceptibles de ser afectadas por el colapso de una presa o la operación de su evacuador de excedencias.
- Proteger los bienes de infraestructura pública y los bienes privados ubicados aguas abajo de las presas.
- Definir los análisis básicos para asegurar la estabilidad de la presa en condiciones normales o extremas de crecida y/o sismo.
- Procurar un mantenimiento adecuado de las estructuras durante su vida física.
- Definir un plan de vigilancia e inspección durante la construcción, puesta en marcha, operación y puesta fuera de servicio (abandono operativo) de la presa.
- Establecer los requisitos que deben cumplir los Planes de Acción Durante Emergencias.

1.3.- Ámbito de aplicación

La Normativa Técnica de seguridad de presas es un documento que tiene por finalidad la puesta al día de la dispersa normativa vigente en la materia, incorporando para ello la experiencia internacional acumulada en los últimos años.

Atento igualmente a la creciente sensibilidad social y ambiental frente a este problema, la Norma obligará a todos los Responsables Primarios de las presas para la generación hidroeléctrica, con independencia de su titularidad, a aprobar inspecciones técnicas periódicas, para controlar su estado y seguridad.

Las disposiciones aquí expresadas son aplicables a las obras, incluyendo todas las áreas correspondientes al embalse creado por las presas de retención.

2.-Categorización de Presas y Elementos Hidroelectromecánicos

2.1.- Categorización de las Presas

2.1.1.- Marco referencial

Las fuerzas destructivas desencadenadas por un escape incontrolado del agua contenida en el embalse de una presa pueden ocasionar daño a las personas, las propiedades, y/o alterar las condiciones ambientales aguas abajo de la localización.

El riesgo que origina una presa se refiere tanto a las consecuencias de su falla como a la probabilidad que tal falla pueda ocurrir. Las medidas de seguridad que se plantean están dirigidas esencialmente a reducir este riesgo a niveles aceptables.

Categorizar una presa en un rango clasificatorio de potenciales fallas y sus consecuencias permite determinar el grado e intensidad de las exigencias en cuanto a las medidas de control para obtener una aceptable seguridad.

2.1.2.- Categorizaciones

El propósito primario de un sistema de categorización de presas es contar con uno de los parámetros necesarios para la selección de apropiados criterios de diseño y controles de comportamiento estructural. Estos deben ser más conservadores cuando el riesgo potencial de pérdidas de vidas o daños a la propiedad es mayor.

Las diferencias en los sistemas de categorización de presas provienen de criterios asumidos por las autoridades reguladoras para hacer frente a las necesidades percibidas por las mismas.

Esencialmente son dos las principales formas de categorización: las que utilizan las dimensiones de la estructura del cierre y el volumen retenido por la misma, y las que evalúan los riesgos potenciales aguas abajo, ante una rotura de esta estructura.

El tamaño de una presa lo determinan sus dimensiones físicas y sólo puede cambiar cuando lo hacen las dimensiones de sus estructuras. Por otra parte los riesgos potenciales cambian

cuando lo hacen las características de ocupación aguas abajo del cierre, con nuevas ocupaciones o viejas ocupaciones que se retiran de las zonas definidas como críticas.

El sistema de tipificación en categorías según los riesgos potenciales normalmente se adopta cuando las fallas de presas representan un riesgo para vidas y propiedades existentes aguas abajo.

Cada presa, estructura de control o de pasaje de agua deberá ser categorizada en términos de la consecuencia incremental razonablemente previsible derivada de una falla.

Las consecuencias de pérdida de vidas deben ser evaluadas separadamente de las consecuencias socioeconómicas, financieras y ambientales y de la condición de la presa posterior a la falla. Frente a los diferentes aspectos a evaluar se debe utilizar la más alta de las categorizaciones encontradas.

La consecuencia incremental derivada de una falla es el daño o pérdida incremental que la falla de la presa podría causar en las áreas aguas arriba, en las áreas aguas abajo, o en la presa, adicional a cualquier pérdida que pueda haber ocurrido por el mismo evento o condiciones naturales, sin que haya habido falla en la presa.

Es de destacar que los parámetros de las tipificaciones normalmente aceptadas no reflejan en forma directa las condiciones de una presa en lo que respecta a su seguridad, integridad estructural, capacidad de manejo de crecidas, etc.

Las categorizaciones que usan parámetros dimensionales pueden no reflejar los riesgos potenciales aguas abajo, ya que presas de reducidas dimensiones pueden, en zonas pobladas, ocasionar mayores daños que otras más grandes en zonas despobladas.

2.1.3.- Categorización adoptada

Se adopta la categorización por riesgo de potenciales impactos basados en las pérdidas incrementales que una falla de presa pudiera dar lugar, que se indica en el cuadro siguiente. Se entiende que esta tipificación en categorías, ampliamente adoptada y justificada, es más realista en virtud de representar los potenciales riesgos demográficos de frecuente aparición.

Categorización según el riesgo potencial de una presa

CATEGORÍA	A	B	C
RIESGO	ALTO	SIGNIFICATIVO	BAJO
Pérdida directa de vidas	Seguro (en uno o más desarrollo residencial, comercial o industrial)	Incierto (localización rural con pocas residencias y solamente desarrollo transitorio o industrial)	No se esperan (debido a la localización rural sin viviendas)
Pérdida de servicios esenciales	Interrupción de instalaciones esenciales y de vías de comunicación a niveles críticos	Interrupción de instalaciones esenciales y de vías de comunicación	Ninguna interrupción de servicios, las reparaciones de los daños es simple o rápidamente reparable
Pérdidas en Propiedades	Extensa sobre instalaciones públicas y privadas	Mayor afectación pública y en instalaciones privadas	Tierras agrícolas privadas, equipos y edificios aislados
Pérdidas Ambientales	Alto costo de la mitigación o imposible de mitigar	Se requiere una mitigación importante	Daño incremental mínimo

Fuente: Crecidas y Presas: Pautas e Historia de Casos, Boletín N° 125, International Committee on Large Dams (ICOLD), septiembre de 2003.

Riesgo potencial alto: Estas presas son tipificadas como de categoría “A” y son aquellas en las que las fallas o mala operación probablemente causen pérdidas de vidas humanas. Otros aspectos pueden contemplarse pero no son atendibles para esta categorización.

Riesgo potencial significativo: Estas presas son tipificadas como de categoría “B” y son aquellas en las que las fallas o mala operación resultan en una improbable pérdida de vidas humanas pero pueden causar pérdidas económicas, daños localizados al ambiente, interrupción de instalaciones y comunicaciones. Estas presas pueden estar localizadas en zonas rurales pero con población y correspondiente infraestructura.

Bajo riesgo potencial: Estas presas son tipificadas como de categoría “C” y son aquellas en las que las fallas o mala operación resultan en una improbable pérdida de vidas humanas y bajas pérdidas económicas y ambientales. Las pérdidas importantes se limitan a las estructurales del cierre.

2.1.4.- Características complementarias de la categorización

Para presas en etapa de diseño, la categoría de la consecuencia debe ser establecida durante los estudios de factibilidad para el diseño y confirmada antes del primer llenado del embalse ya que usualmente la habitabilidad de las zonas potencialmente afectadas cambia con el tiempo.

La ASEP (por medio de la UTESEP) tomará la decisión final sobre la categorización de la presa. Los Responsables Primarios de cada presa recabarán y presentarán toda la información que se les solicite para lograr estos fines.

La metodología de evaluación de riesgos no deberá considerar a los ocupantes ocasionales (por ej. actividades recreativas) ni los transeúntes por caminos y tierras aguas abajo de la presa.

Por otra parte, las posibilidades de evacuación durante una emergencia u otras medidas conducentes a la protección de la población no deben considerarse como argumentos para disminuir las exigencias de control. Estas medidas no deben ser un atenuante en la determinación de los criterios de diseño, ni en los métodos constructivos, ni en el mantenimiento de las estructuras.

Si las fallas o mala operación de una presa contribuyen a la falla de una o más presas aguas abajo, la categorización por categorías de riesgo potencial de la presa original será al menos igual que la determinada para las presas aguas abajo y se considerarán las condiciones adversas incrementales del conjunto.

2.2.- Categorización de los elementos hidroelectromecánicos

Para la aplicación de los requerimientos de seguridad aquí normalizados es necesario que los distintos componentes que constituyen los equipos sean categorizados de acuerdo a su potencial vulnerabilidad. Por lo tanto el Responsable Primario a cargo de la explotación de una presa debe contar con una categorización de los elementos estructurales de los equipos incluidos en su presa. Dicha categorización deberá ser realizada por el proyectista o por personal técnico idóneo propio o contratado por el Responsable Primario, con capacidad de juzgar los distintos elementos y componentes de acuerdo a su vulnerabilidad.

Esta categorización de los elementos y componentes de los equipos hidroelectromecánicos figurará en el Manual de Operación y Mantenimiento (O&M), donde deben constar copias de

los planos de dichos elementos (obtenidos del diseño o elaborados sobre los elementos instalados). Dicha categorización será individualmente aplicada a cada uno de los componentes y acompañada de un texto con los criterios aplicados para la categorización.

Deberán quedar documentados claramente los elementos constituyentes de los equipos y sus componentes estructurales, los que deben ser categorizados de acuerdo a lo siguiente:

- Componentes de Rotura Crítica (CRC)

Son los componentes cuyo colapso, cualquiera sea su forma de trabajo, conlleva la rotura generalizada de la estructura de los elementos hidroelectromecánicos, produciendo descargas incontroladas hacia aguas abajo con los consecuentes daños identificados en la categorización de la presa de acuerdo a su peligrosidad.

- Componentes primarios

Son los componentes que, en general, trabajarán comprimidos o traccionados, cuyo colapso determinará grandes deformaciones en el elemento de retención y posiblemente su salida de servicio, pero no su colapso.

- Componentes secundarios

Son los componentes, no comprimidos ni traccionados, cuyo colapso producirá deformaciones locales del elemento de retención pero no su salida de servicio, y mucho menos su colapso.

- Equipos auxiliares y accesorios no estructurales

Son los accesorios que no conforman la parte estructural de los elementos de retención, en general relacionados con la operación de los mismos, y cuyo mayor riesgo para la seguridad de la presa se encuentra relacionado con su eventual inoperatividad.

En el caso de elementos de los equipos que se encuentren repetidos dentro de la obra bastará con realizar la categorización para uno solo.

3.- Calificación de las presas y elementos hidroelectromecánicos

3.1.- Diagnóstico y Calificación

El análisis de seguridad de una presa, nueva o existente, en síntesis, consiste en verificar la vulnerabilidad de la misma para determinados eventos - dimensionada en forma consistente con su tipificación en una categoría, - que pueden afectar su estructura o sistemas de operación (ver: Esquema para la calificación de la seguridad de las presas).

Las presas deberán recibir una calificación sobre la condición de seguridad en que se encuentran luego de haber sido analizada su seguridad para los eventos determinados según su categoría de obras principales y equipos. Esta calificación deberá basarse en los resultados obtenidos y en la identificación de sus aspectos vulnerables para el evento requerido de acuerdo a la categoría asignada.

La calificación de una presa indica cual es el grado de riesgo que presenta la misma para ocasionar los potenciales daños con los que la han categorizado, en el caso de entrar en emergencia o eventualmente en colapso.

La determinación de los esfuerzos adecuadamente dimensionados que deben aplicarse a las presas, deben permitir realizar un diagnóstico sobre la aptitud de la estructura para resistir dichos esfuerzos y establecer si la estructura se encuentra en condición de resistirlas, en tipo y dimensión, manteniendo márgenes de seguridad adecuados dentro de lo que se establece en esta normativa.

En los casos que no se cumpla con los márgenes de seguridad, o se detecte que existe la posibilidad de colapso para los esfuerzos aplicados, se deberán adoptar las medidas de remediación. Las mismas pueden consistir en una operación con menores exigencias y, por lo tanto, en condiciones más seguras, o bien estructurales o no estructurales que correspondan para reducir los daños en el caso de un eventual colapso, y permitir así cambiar la categoría de la presa por otra de menor riesgo.

Los Responsables Primarios realizarán los estudios correspondientes y presentarán toda la información generada por los mismos juntamente con la solicitada por la ASEP (por medio de la UTESEP), que calificará a la presa a partir de la información suministrada y de las categorías establecidas en la presente norma.

3.2.- Condición de Seguridad Permanente

Se califica y declara a una presa nueva o existente en esta Condición:

- Si se trata de una obra nueva cuando se han respetado todos los requerimientos de seguridad que figuran en el Capítulo 4 de esta Normativa.
- Cuando la misma ha mostrado ser suficientemente segura para todos los casos analizados, abarcando los casos previstos de operación normal o extraordinaria, y por lo tanto no se ha identificado ninguna posibilidad para que la misma entre en alguna circunstancia en Situación de Emergencia o Situación de Potencial Emergencia

Se debe asignar esta calificación cuando en los resultados de los análisis se haya demostrado que cumple con los requerimientos de verificación para los eventos de seguridad.

En el caso que realizadas las verificaciones para los eventos de seguridad se haya encontrado que no cumple con alguno de ellos, la presa será declarada en Incumplimiento de la Condición de Seguridad, debiéndose aplicar lo estipulado en el PADE para tales situaciones.

3.3.- Incumplimiento de la Condición de Seguridad

Se califica y declara a una presa nueva o existente en esta condición cuando se haya encontrado en su verificación de seguridad que la misma no cumple con los requerimientos de seguridad tanto para operación normal como extraordinaria, para los eventos de verificación dimensionados según su categoría. Esta calificación se extrapola a las presas nuevas o en condición de diseño cuando una revisión antes del primer embalse indique ese incumplimiento.

En el caso que se haya calificado a una presa en esta condición, se habrá verificado si el incumplimiento ocurre en operación normal o en operación extraordinaria.

Si ello se produjera para operación normal se deberá determinar si el incumplimiento deriva de un efecto proveniente de una causa remediable o irremediable. En el caso que la causa sea remediable se recalificará la presa en Condición de Seguridad Transitoria hasta tanto dicho incumplimiento se resuelva. De lo contrario no se considerará a la presa en condiciones de seguir operando y deberá vaciarse el embalse.

Si, en cambio, el incumplimiento se produjera para operación extraordinaria también se deberá verificar si la causa que determina el incumplimiento es o no es remediable. En el caso

que fuera remediable se calificará nuevamente a la presa en Condición de Potencial Vulnerabilidad en Emergencia. De no ser una causa remediable, la presa quedará calificada en esta condición.

No se prevé sacar de servicio a presas calificadas en esta condición, debiéndose aplicar lo estipulado en el PADE en cuanto a las situaciones de emergencia que puedan presentarse.

El incumplimiento de la condición de seguridad podrá deberse a la falta de la misma en las estructuras principales o en el equipamiento, correspondiendo aplicar un escenario de PADE consistente en la rotura o falla de un elemento inseguro, o la necesaria operación extraordinaria, lo que puede en todos los casos ser pronosticable.

3.4.- Condición de Seguridad Transitoria

Esta categorización, en el caso de operación normal, es producto de un incumplimiento de la seguridad que es remediable.

Si es remediable en forma definitiva se deberá categorizar nuevamente a la presa con menor peligrosidad y atenuar la magnitud de los eventos a tener en cuenta cuando deba realizarse una nueva verificación.

En cambio, si fuera remediable por medio de una medida de mitigación, deberá operar la presa bajo una operación normal restringida, debiéndose aplicar lo estipulado en el PADE para este caso.

3.5.- Condición de Potencial Vulnerabilidad en Emergencia

Se calificará y establecerá en esta Condición a las presas que hayan sido observadas con algún Incumplimiento de la Condición de Seguridad para Operación Extraordinaria y se haya podido mitigar de alguna forma dicho incumplimiento.

Ello implicará que las medidas de mitigación producirán mayor grado de vulnerabilidad en las áreas impactables y deberá tenerse en cuenta lo estipulado en el PADE para estas situaciones.

3.6.- Políticas de Cambio de Calificación

Tanto el Responsable Primario como la ASEP (por medio de la UTESEP) podrán considerar la posibilidad de cambio de calificación de la presa por medio de la modificación de las condiciones de operación tanto normal como extraordinaria, pudiendo optar por una política de penalización de una de ellas en beneficio de la otra, con el fin de obtener una calificación más adecuada a la explotación de la presa.

4.- REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD

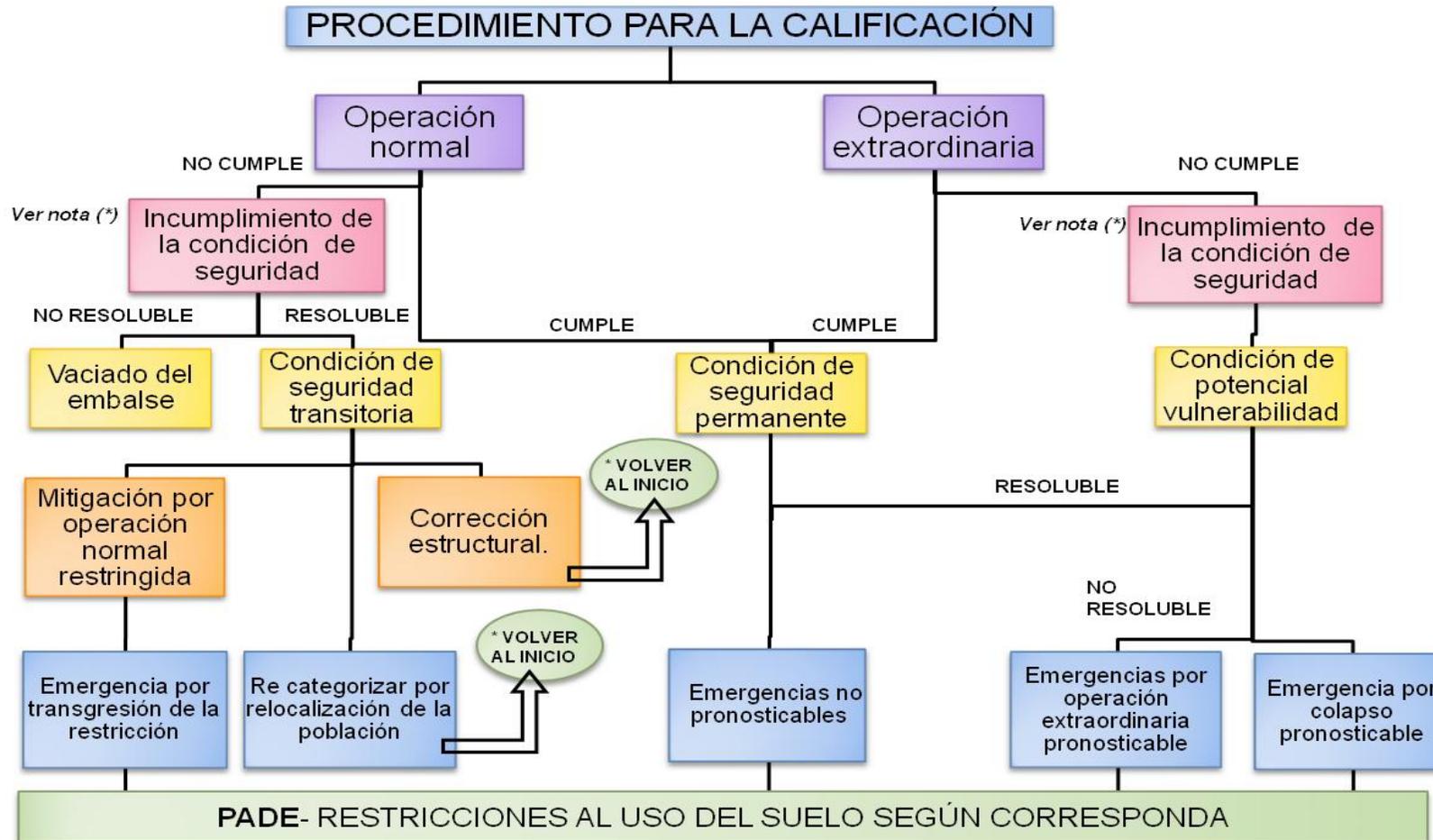
4.1.- Disposiciones generales

Las disposiciones aquí expresadas son aplicables a todas las obras a las que alcanza esta Normativa, incluyendo todas las áreas correspondientes a los embalses creados por las presas de retención. Estas disposiciones deberán respetarse en todos los casos, pudiendo el Responsable Primario complementarlas de acuerdo a eventuales hechos o variaciones que puedan surgir y al avance de las disciplinas involucradas en el mantenimiento de la seguridad de presas y obras auxiliares, resumidas en nuevas disposiciones o lineamientos que en el futuro establezca la ASEP a través de su unidad específica (UTESEP).

Será obligación del Responsable Primario mantener la seguridad de la presa y sus obras auxiliares, a través de un Equipo Técnico de Control, mediante la eliminación de cualquier condición o causa que pueda llevar a su deterioro o destrucción. Asimismo, será de su responsabilidad el cumplimiento de las normas de seguridad en todas y en cada una de las fases de la Obra.

El Responsable Primario deberá asimismo usar técnicas y metodologías de ingeniería en el diseño, construcción, operación, mantenimiento y control instrumental adecuadas y reconocidas al más alto nivel internacional para cualquier acto relacionado con la presa y obras auxiliares, su reparación o modificación.

2.2 Calificación de la seguridad de presas



Nota (*): El incumplimiento de la condición de seguridad podrá deberse a la falta de seguridad en las estructuras principales o en el equipamiento, correspondiendo aplicar un PADE consistente con la rotura o falla del elemento o necesaria operación extraordinaria que en ambos casos puede ser pronosticable.



4.2.- Obras Civiles

4.2.1.- Etapa de diseño

4.2.1.1 Criterios de diseño

Se describen a continuación los principales criterios de seguridad que el Responsable Primario deberá tener en cuenta, entre todos los que considere necesarios, durante la etapa de diseño de las obras principales.

El Responsable Primario deberá preparar el proyecto global de control de seguridad de la obra, contemplando todos los aspectos y etapas que se mencionan en esta Normativa, y presentarlo ante la ASEP para su evaluación, ajuste y posterior aceptación en caso que se considere apropiado para los fines propuestos.

Entre los aspectos y configuraciones que deberá contemplar, sin que ello implique limitación alguna, se destacan:

- Una etapa previa de verificación de las hipótesis de proyecto; confirmación y adecuación de los datos básicos; conformidad de los diseños con las normas de proyecto.
- La determinación de los valores límites de las distintas fuerzas externas intervinientes sobre las estructuras, a los efectos de cuantificar en el futuro, a través de la instrumentación, el grado de seguridad de las estructuras.
- En el caso hipotético de detección en algún sector de la obra, de futuras potenciales anomalías, prever las metodologías de corrección, así como dotar al proyecto de las características necesarias para llevar adelante las mismas, incluyendo disposiciones adecuadas para el acceso a todas las áreas críticas y componentes estructurales para reparaciones o reconstrucciones.
- La capacidad para el vaciado del embalse se describe en 4.3.1.2

4.2.1.2 Seguridad hidrológica

El Responsable Primario deberá llevar adelante, sin que ello implique limitación alguna, las siguientes acciones:

- En materia de criterios y métodos de Proyecto: verificar la fiabilidad de los datos originalmente utilizados, adecuación de los métodos de cálculo y análisis, conformidad con los criterios del proyecto y conveniencia y validez de las decisiones del proyecto.
- En materia de características hidrológicas, régimen de crecidas, condiciones de evaluación y transporte de material en suspensión y por arrastre del lecho fluvial: verificar los criterios y las magnitudes básicas derivadas de cálculos teóricos por medio de comparación con registros históricos y viceversa. Si estos últimos fueran insuficientes o no estuvieran disponibles, aplicará procedimientos de correlación. Verificar la corrección de los resultados.
- En materia de condiciones aguas abajo: comprobar que el proyecto incluyó la investigación y, si hubiera sido necesario, la mejora de las condiciones de evacuación.
- En materia de limitaciones a la zona inundable aguas abajo de la presa: investigar posibles obstáculos existentes o previstos y la utilización actual del suelo en el área inundable, así como posibles daños a vidas y propiedades por efecto de la inundación aguas abajo de la presa. Comprobar el programa de explotación de obras de alivio y planes de operación de embalse.
- En materia de gestión del río y su cuenca: verificar la compatibilidad de la gestión y explotación del río y su cuenca hidrográfica con los criterios de proyecto de la presa y embalse.

El Responsable Primario podrá seguir los lineamientos expresados en el Apéndice C, adoptando los criterios para obras nuevas o existentes, según sea el caso.

4.2.1.3 Seguridad Sísmica

Con respecto a la seguridad sísmica, el Responsable Primario deberá llevar adelante, sin que ello implique limitación alguna, las siguientes acciones:

- Verificar la fiabilidad de los datos originalmente utilizados y su compatibilidad con los requeridos por la categorización de la presa, adecuación de los métodos de cálculo y análisis, conformidad con los criterios del proyecto y conveniencia y validez de las decisiones del proyecto.
- Caracterizar los Sismos de Operación Normal (SON) y Máximo de Verificación (SMV): determinar los que corresponden a eventos sísmicos regionales y los sismos que serán

utilizados para realizar la verificación estructural de las presas. En el caso de presas nuevas o de reciente fin de construcción debe considerarse adicionalmente la posibilidad que se genere un sismo inducido por el embalse

- Determinar las características que deben poseer los sismos a utilizar para: la verificación operativa de la presa, Sismo de Operación Normal (SON), y para la verificación de la seguridad estructural de la misma, Sismo Máximo de Verificación (SMV) (ver Nota 1).
- Para la determinación de las características de estos sismos se tendrán en cuenta:
 - Aspectos determinísticos: geología regional, sistemas de fallas, longitud de las mismas, distancia a la obra, etc.
 - Aspectos estadísticos: eventos registrados e históricos, distribución de epicentros por área, según sus magnitudes, y su correlación con estructuras geológicas, etc.

Nota 1: El Sismo de Operación Normal (SON), es el que tiene una probabilidad del 50 % de ocurrir, al menos una vez durante la vida útil de la presa. El Sismo Máximo de Verificación (SMV), que es el evento máximo que se adopta, debe ser resistido por la presa, sus obras principales y equipos, admitiendo que ocurran daños en la estructura de retención pero limitados a que resulten menores.

- Los parámetros característicos de estos sismos obligatoriamente incluirán:
 - Magnitud (escala de Richter).
 - Aceleración Pico del Suelo (aps) (cm/seg^2).
 - Intervalo de recurrencia (T_R).
 - Período propio fundamental de la oscilación (T_o)
 - Histogramas de aceleraciones, velocidades y desplazamientos en función del tiempo.
 - Espectros de respuesta elástica de aceleraciones, velocidades y desplazamientos en función del período propio de la estructura para distintas fracciones del amortiguamiento crítico.

4.2.1.4 Seguridad estructural

Para la verificación de la seguridad estructural del diseño, el Responsable Primario deberá llevar adelante, sin que ello implique limitación alguna, las siguientes acciones:

- En materia de Criterios de Proyecto: verificar las hipótesis del proyecto, adecuación y precisión de los datos que sirvieron de partida y los resultados de ensayos, conveniencia de los métodos utilizados en el análisis, conformidad con las normas del proyecto y validez de las decisiones con atención especial a su compatibilidad con la tecnología más actual.
- En materia de Estados de Carga y Coeficientes de Seguridad: verificar las cargas y combinaciones de cargas actuantes, su calificación en Condiciones Normales, Eventuales y Extremas, así como los coeficientes de seguridad aplicados en los cálculos para tales condiciones diferentes de las diversas cargas. Se incluirán las que puedan aparecer durante la construcción y operación, tal como la colmatación de los embalses o fin de su vida útil. Si se utilizan materiales no convencionales, comprobar que han sido convenientemente probados mediante una investigación cuidadosa teórica y práctica.
- En materia de Estabilidad de las fundaciones: verificar la compatibilidad entre la amplitud y profundidad de las investigaciones realizadas, ensayos de laboratorio y proceso de los datos compatibles con las características y la importancia de las estructuras. Verificar la adecuación del tratamiento que se da a la fundación según la naturaleza y calidad de los materiales que la forman en relación con el tipo de estructura elegida.
- En materia de Esfuerzos Internos y Deformación de las estructuras: verificar tensiones y deformaciones bajo las cargas de construcción y finales a los efectos de su comparación futura con datos medidos de la instrumentación. Comprobar que las deformaciones no afectan la operación de los elementos hidroelectromecánicos requeridos para el manejo del nivel del embalse.
- En materia de Deterioro de Materiales: revisar los métodos constructivos especificados y el alcance de las investigaciones de materiales utilizados con el objeto de evitar que, al envejecer o en contacto con otros materiales o el agua, puedan perder sus características de diseño.
- En materia de Percolación y Subpresión: verificar los potenciales hidráulicos y presiones intersticiales que se generarán por la carga del embalse en el macizo de fundación, a los

efectos de su utilización en los cálculos de estabilidad de la presa y su futura comparación con los datos medidos por la instrumentación.

- En materia de Respuesta de la Actividad Sísmica: realizar la verificación de acuerdo al grado de sismicidad local determinado de acuerdo a la categorización de la presa, considerando tanto la natural como la posible inducida por el embalse. Verificar tensiones, deformaciones y amplificación de la estructura bajo la acción de los sismos de diseño.
- En materia de Equipos Eléctricos y Mecánicos: comprobar que el proyecto cuenta con el equipo esencial que asegure condiciones operativas confiables en posibles situaciones excepcionales o de emergencia. Comprobar las disposiciones del Manual de Operación y Mantenimiento que serán necesarias para su mantenimiento y para el acceso a estos equipos en condiciones meteorológicas severas.

4.2.1.5 Sistema de auscultación

El proyecto del sistema general de auscultación a desarrollar por el Responsable Primario deberá:

- Establecer la finalidad específica, requisitos y alcance suficiente del sistema de auscultación.
- Verificar la conformidad de su proyecto y su funcionamiento con los requisitos básicos de control.
- Comprobar que el sistema se limita a la información realmente necesaria para una vigilancia adecuada de la seguridad de las estructuras y sectores controlados evitando toda complejidad innecesaria que puede desviar de las cuestiones más esenciales.
- Contemplar el control sistemático y continuo de las principales fuerzas actuantes de diseño para la etapa de explotación de la obra.
- Permitir la detección directa o indirecta, a los efectos de su evaluación, de posibles alteraciones en las estructuras, producto de las mayores acciones identificadas y determinadas a través de la simulación matemática del comportamiento estructural.
- Permitir, ante necesidades imprevistas, aumentar la cantidad de instrumentos de control a los efectos de mejorar el seguimiento de los fenómenos que se investigan.
- Contemplar el registro automático de los datos de los sistemas instrumentales del tipo eléctrico, y al mismo tiempo la posibilidad de una toma de lecturas “in situ” cuando esto

se requiera. Esta metodología de toma de lecturas obedece a una condición adicional de seguridad ante problemas de automatización, y a que obliga a una inspección visual y parcial de sectores instrumentados.

4.2.2.- Etapa de construcción

Como principio general, los materiales de construcción y/o las técnicas constructivas deben exceder o al menos igualar las especificaciones de diseño.

4.2.2.1.- Aspectos Generales

Se detallan a continuación, sin que ello implique limitación alguna, ciertos aspectos generales que se consideran necesarios para lograr los objetivos antes mencionados:

- El responsable Primario o Concesionario deberá garantizar que el constructor cuente con una experiencia probada en este tipo de obras que permita alcanzar los estándares de calidad especificados para los trabajos.
- El nivel de Supervisión de los trabajos y un continuo apoyo técnico de los diseñadores serán apropiados a la escala y complejidad de la presa.
- Todo aspecto involucrado en el proceso de diseño cuyas características y/o parámetros esenciales requirieran ser ratificados durante la construcción deberá ajustarse bajo el control exclusivo de los diseñadores, y nada debe cambiarse o ajustarse sin la aprobación formal de los mismos.
- Un informe de diseño convenientemente detallado, acompañado por un juego de planos "Conforme a Obra" que muestren como fueron realmente construidas las estructuras, deberá desarrollarse como una parte integral del proceso de supervisión de la construcción. Esta documentación constituirá una referencia muy importante de consulta continua en el futuro.
- Se deberá llevar a cabo ensayos de materiales de construcción y prospección de las condiciones de fundación de las estructuras (presas de hormigón, enrocado, tierra y otras), con metodologías y especialistas de calidad garantizada.

4.2.2.2.- Control instrumental

El Responsable Primario deberá elaborar y desarrollar un plan para realizar los controles de seguridad y comportamiento estructural durante la construcción de las estructuras principales y de instalación y protección de los sistemas de auscultación.

Dicho plan y organigrama de control deberá detallar la infraestructura necesaria (proceso de datos, comunicaciones, movilidad, etc.), las precisiones para la interpretación de comportamiento estructural, y todos los requisitos expuestos para la etapa de explotación. Este plan deberá presentarlo el Responsable Primario a la ASEP (a través de la UTESEP) para su evaluación y aprobación.

La etapa de construcción, en la que no estarán aún presentes las principales acciones del embalse, deberá ser utilizada para la formación y preparación del grupo técnico de inspección y control para las etapas posteriores más comprometidas.

El plan deberá contemplar la creación de este grupo técnico de inspección, toma y proceso de datos. El mismo tendrá, sin que ello implique limitación alguna, los siguientes cometidos:

- Inspeccionar y aprobar la instalación de cada uno de los instrumentos, así como de sus conductores y terminales. Aprobación de los protocolos de instalación de cada instrumento.
- Inspeccionar y aprobar las instalaciones complementarias previstas en el proyecto de auscultación.
- Verificar las medidas de protección de los sistemas instrumentales instalados durante el período constructivo.
- El cuidado intensivo de todos los sistemas instrumentales y sus complementos, desde su instalación hasta el fin del período de explotación.
- La toma de datos y su procesamiento inmediato
- Inspeccionar periódicamente los distintos sectores de la presa para la detección temprana de cualquier anomalía visible.

4.2.3.- Controles durante el primer llenado del embalse

Esta es la etapa de mayor riesgo y la que mayor intensidad de controles exige. Es el primer ensayo del diseño y de la construcción, aunque las fuerzas y acciones actuantes pueden

tardar en presentarse en forma estable; tal es el caso del establecimiento de percolaciones en suelos y macizos rocosos.

Como tal es necesario su planificación por parte del Responsable Primario, que, entre otros aspectos, deberá contar con:

- Un organigrama interno donde consten las responsabilidades jerárquicas en la toma de decisiones durante el primer llenado del embalse. Asimismo deberá figurar la interrelación con la ASEP como responsable administrativa de la verificación del estado de seguridad de la presa. De ser necesario podrá decidirse la formación de una Comisión de Primer Llenado mixta con atribuciones ejecutivas y mayor celeridad de resolución.
- La infraestructura disponible para movilidad y comunicaciones entre los distintos integrantes responsables del primer llenado, así como con la ASEP.
- La preparación de un manual del primer llenado del embalse que deberá contener, básicamente, los valores esperados de las distintas fuerzas y acciones que podrán ser detectadas por los sistemas instrumentales instalados; las frecuencias de lecturas instrumentales y de los informes evaluativos del evento; las previsiones para la puesta en carga de los distintos sectores de la obra así como un plan de controles; las previsiones para las eventuales medidas correctivas que pudieran presentarse para mejorar el comportamiento estructural; etc.
- Haber previsto en el Plan de Acción durante Emergencia (PADE) las acciones necesarias ante una emergencia en el llenado del embalse, considerando que puede ser necesario interrumpir el llenado y proceder a descargar el mismo en forma urgente. (Ver Capítulo 9), plan que debe estar presente en la propia obra hasta que se concluyan todas las tareas que sea menester llevar a cabo en esta etapa.
- Toda la información, infraestructuras, equipos, personal técnico adiestrado y otros aspectos mencionados en este documento, y que resulten necesarios.

4.2.4.- Etapa de operación

Los procedimientos constantes y efectivos de vigilancia y mantenimiento son esenciales para asegurar la continua viabilidad y seguridad de una presa y sus estructuras anexas.

4.2.4.1.- Controles

El Responsable Primario o Concesionario es el responsable de todos los elementos de control construidos y montados como así también de los elementos de auscultación instalados y será supervisado por ASEP (a través de la UTESEP).

El Responsable Primario deberá llevar a cabo los controles de seguridad y comportamiento estructural durante la operación normal de la presa que se encuentran detallados en esta Normativa, así como todos los que considere necesario para lograr estos fines.

4.2.4.2.- Informe de Incidentes Vinculados con la Seguridad de la Presa

Ante incidentes que afecten la seguridad de la presa y obras auxiliares el Responsable Primario deberá accionar y elaborar:

- Informe oral: el Responsable Primario deberá informar a la ASEP (UTESEP) cualquier situación o incidente que afecte la seguridad de la presa y obras auxiliares por la vía más rápida, luego de efectuada la respectiva comprobación, sin interferir con cualquier reparación, alarma o procedimiento de emergencia necesario.
- Informe escrito: Luego del informe oral inicial el Responsable Primario deberá remitir a la ASEP (UTESEP), con el nivel de detalle adecuado a la complejidad y severidad de la situación o incidente, un informe escrito que incluya:
 - Las causas a las que se atribuye el hecho.
 - Descripción de cualquier suceso o circunstancia inusual observada previamente.
 - Información procesada y su interpretación de los sistemas instrumentales que hayan registrado los fenómenos.
 - Medidas tomadas para evitar el agravamiento de la situación.
 - Descripción detallada de daños a la presa y obras auxiliares y el estado de cualquier reparación ya iniciada, incluyendo, si hubiere, daños a propiedades privadas.
 - Descripción detallada de cualquier lesión personal.
 - Cualquier otra información requerida por la ASEP (UTESEP).

4.2.4.3.- Accidentes con lesiones graves o muerte de personas

Inmediatamente de haberse conocido cualquier muerte o lesiones graves, el Responsable Primario deberá informarlo a la ASEP (UTESEP), por escrito, incluyendo una descripción de las causas y del lugar del hecho.

El informe escrito deberá describir las acciones correctivas ejecutadas o propuestas para evitar o reducir la probabilidad de hechos similares en el futuro.

La expresión “muerte o lesiones graves” incluye cualquier circunstancia de este tipo vinculada con un embalse, aliviadero, toma, desagüe de fondo, línea eléctrica, presa o sus adyacencias.

4.2.4.4.- Informe de Modificaciones en la Presa y Obras Auxiliares

El Responsable Primario deberá informar por escrito a la ASEP (UTESEP) sobre la ejecución de cualquier obra de modificación de la presa, aunque se trate de una modificación que previamente haya requerido la aprobación por parte de la misma.

Cuando la modificación sea una medida de emergencia tomada en respuesta a una situación que afecte la seguridad de la presa y obras auxiliares, la comunicación deberá efectuarse con un informe.

En cualquier otro caso la modificación debe ser informada al menos con 60 días de anticipación al inicio de los respectivos trabajos.

4.2.5.- Obras puestas fuera de servicio (en estado de abandono operativo)

Se considera que estas obras ya han alcanzado el fin de su vida productiva o requieren trabajos de rehabilitación, tanto de las obras que posibilitan su operación como de las necesarias para recobrar condiciones de seguridad, y que la explotación de las mismas se vuelve antieconómica y/o insegura.

Los alcances y requerimientos para este estado se detallan en el Capítulo 10 de esta normativa.

4.2.6.- Resumen de condiciones de verificación

Los distintos elementos y estructuras de una presa deben diseñarse y verificarse para resistir la más desfavorable combinación de cargas estáticas y dinámicas. En todos los casos los coeficientes de seguridad varían con la probabilidad de ocurrencia de tales combinaciones.

En el Apéndice B se detallan las condiciones, fuerzas y acciones actuantes para la verificación estructural de las presas para las fases de diseño, construcción, operación y en condición de abandono operativo.

4.3.- Elementos hidroelectromecánicos

Los requerimientos de seguridad para los equipos hidroelectromecánicos se establecen y deben verificarse por medio de la aplicación de la presente Normativa. Estos equipos son los destinados al manejo de la retención y operación del embalse para mantener determinados niveles de explotación; manejo de compuertas, así como los destinados a funciones auxiliares y de emergencias, que posibiliten la operación de los anteriores.

4.3.1.- Etapa de diseño

4.3.1.1 Criterios de diseño

Esta normativa es aplicable al diseño de los elementos correspondientes a presas nuevas, a los nuevos elementos que se integren como renovación de presas existentes, o a las reparaciones de elementos instalados en presas existentes. Toda intervención de ingeniería sobre elementos de los equipos, deberá hacerse siguiendo recomendaciones aprobadas por la ASEP (a través de la UTESEP)

El diseño de los equipos se realizará a través de la ingeniería propia del Responsable Primario de la presa, o por el proveedor de los mismos. Los criterios que se aprueben deberán ser de absoluta confiabilidad en aspectos de resistencia, operatividad y durabilidad.

Se considerará en el diseño que las principales causas de colapso de los equipos corresponden a fatiga y fisuración de los componentes estructurales y/o desgaste de los mecanismos de operación frecuente. Se debe considerar especialmente en los componentes que se encuentren cargados cíclicamente que cumplan con los requerimientos de resistencia y durabilidad contra fatiga del material.

Deberán extremarse los controles durante la fabricación o cuando se debieran realizar ajustes en los componentes estructurales para el montaje, por haber carecido del adecuado control de calidad en la fabricación.

En los elementos nuevos o reparados el equipo de ingeniería deberá suministrar planos, especificaciones, cálculos y documentación del control de calidad realizado, especialmente en empalmes y soldaduras. Esta documentación deberá incluir procedimientos de montajes y trabajos a realizar en obra y especificar claramente las tareas finales de regulación que permitan a los equipos operar sin otros esfuerzos que los normales y anomalías que aceleren los desgastes y la corrosión.

En el Manual de Operación y Mantenimiento (O&M) se indicarán las operaciones requeridas antes de operar los equipos, los mantenimientos programados de rutina, el recambio de componentes desgastables (sellos y cadenas) y el mantenimiento preventivo contra corrosión (pintura y protección catódica). Dicho Manual de O&M es un requerimiento de diseño para las obras nuevas, la renovación de obras existentes y para reparaciones realizadas sobre equipos existentes.

4.3.1.2.- Capacidad de descarga para vaciado del embalse

Se dotará a las presas de la siguiente capacidad para el vaciado del embalse según su tipología estructural, se realizará el mismo en 60 días, pero la primera mitad se preverá poder realizar en los primeros 20 días.

Tipo de Presa	Vaciado del embalse
Gravedad	Parcial hasta 50% de la altura
Arco y Contrafuertes	Total
Materiales sueltos	Parcial hasta 50% de la altura
Pantalla de hormigón	Total

4.3.2.- Etapa de montaje y reparaciones

El montaje de los equipos nuevos, reparados, o las reparaciones “in situ”, deben contar con el apoyo del equipo de ingeniería que haya participado en su desarrollo.

Durante el montaje se debe documentar los procedimientos de montajes, ajustes y controles realizados (Trabajos de Montaje) como un anexo al Manual de O&M. En el mismo se deben registrar los incidentes y accidentes que se hayan producido durante los trabajos, los que deben ser puestos a consideración del equipo de ingeniería, quien debe evaluar si ello tiene alguna influencia que pueda repercutir en la seguridad del elemento o sus componentes, debiendo figurar en el mismo documento la constancia de que se hizo tal revisión.

Debe considerarse especialmente, si se debió realizar ajustes en los componentes estructurales para el montaje, la participación del equipo de ingeniería al realizar los mismos, la calidad de los trabajos ejecutados y su control.

En el caso de haber ocurrido algún incidente o accidente durante el montaje o de las reparaciones corresponde incluir en dicho documento el informe del equipo de ingeniería de diseño sobre lo ocurrido con la correspondiente evaluación de los posibles efectos estructurales.

Como resultado de estos controles, basado en su conocimiento de diseño, fabricación, montaje o reparaciones, el equipo de ingeniería debe completar la revisión de los equipos y emitir un Informe Inicial de Inspección de los mismos.

En el Informe Inicial de Inspección de los equipos, se deberá determinar, entre otros puntos, los siguientes:

- Primera identificación en operación de los componentes estructurales particularmente elegidos en el Manual de O&M como testigos para el control futuro (CRC, Primarios, Secundarios y Equipos auxiliares y Accesorios no estructurales) sobre los que se ejecutará un control general.
- Empalmes de componentes y soldaduras elegidas en particular como testigos para control en otros elementos de los equipos.
- Áreas testigo para control de corrosión.

Los elementos que sean elegidos como testigo deben ser objeto de las futuras inspecciones de los equipos. En el caso que, por la modalidad operativa, se observe que otros elementos de los equipos son utilizados en forma más intensiva que los elegidos como testigo, u otros

elementos presenten síntomas de mayor grado de desgaste, podrán agregarse otros elementos testigo para el control o reemplazarse los anteriormente elegidos.

Las inspecciones se deben concentrar en el control de los componentes testigos y, globalmente, sobre otros elementos de los equipos para el manejo de la retención del embalse y otro elemento de los equipos auxiliares. Para ello se considerarán ambos elementos completos y no discriminados por componentes.

Se dejará establecido que el control futuro deberá hacerse en forma aleatoria sobre los distintos elementos similares disponibles. Se establecerá que puntualmente deberá repetirse el control sobre dispositivos que hayan mostrado alguna falencia en la inspección anterior.

Toda presa, sea nueva o en explotación, debe contar con su correspondiente Informe Inicial de Inspección de los equipos.

4.3.3.- Etapa de operación

En 4.2.4 se han establecido los controles de operación correspondientes a las obras civiles, las que en general requieren un buen grado de control pero usualmente bajo mantenimiento operativo.

Son los equipos hidroelectromecánicos los elementos que requerirán con mayor intensidad un buen mantenimiento, rutinas de revisión, disponibilidad de repuestos, mano de obra capacitada e información técnica para ejecutar controles y reparaciones. Por lo tanto se considera imprescindible contar con un Manual de O&M de todos los elementos hidroelectromecánicos instalados.

Todas las presas deben contar con un Manual de O&M y un Informe Inicial de Inspección de los equipos. En el caso de presas nuevas o que han sido reequipadas o reparadas y hayan pasado por las etapas mencionadas en 4.3.1 y 4.3.2, se aplicará la normativa allí mencionada para contar con estos documentos.

En las presas existentes que no cuenten con estos documentos para la totalidad de los equipos, se deberá elaborarlos o completarlos por medio de un equipo de ingeniería, propio o contratado, que, aplicando criterios propios, información de diseño y explotación y contactando al fabricante original de los equipos, pueda emitirlos cumpliendo con lo establecido en 4.3.1 y 4.3.2.

Para los trabajos de mantenimiento, se deben aplicar los procedimientos operativos que se encuentren detallados en el Manual de O&M, quedando por realizar las inspecciones sobre seguridad de los elementos de los equipos y sus componentes, que se tratan en esta normativa.

En las presas en operación se debe controlar el cumplimiento de los requerimientos de seguridad de presas por medio de inspecciones, que se documentarán en los sucesivos Informes de Inspección de los equipos. Estos informes documentarán el seguimiento y evolución del elemento inspeccionado globalmente, la evolución de los componentes testigo y el equipo auxiliar inspeccionado.

El conjunto de esta documentación debe conformar un documento permanentemente actualizado del control sobre los equipos, y de la evolución de las condiciones de seguridad del mismo.

Las inspecciones periódicas se establecerán en el Informe Inicial de los equipos y tendrán las siguientes frecuencias y alcances:

- Los equipos deben ser revisados durante las inspecciones generales programadas para toda la obra, en especial las estructuras civiles y verificación del funcionamiento de la auscultación. Por las distintas disciplinas de los equipos técnicos involucrados en una y otra inspección, las actividades de ambos pueden no superponerse, pero la frecuencia de los controles debe ser la misma. Se debe inspeccionar:
 - ✓ Los componentes testigos CRC, Primarios y Secundarios elegidos en el Informe Inicial cuya evolución se debe controlar visualmente o por medio de Ensayos No Destructivos si se encontrara alguna anomalía o se controlara la evolución de una anomalía anterior.
- Se debe seleccionar un elemento de retención del embalse al azar o seleccionado sobre el que se realizará las inspecciones globales siguientes:
 - ✓ Estado general de la estructura de retención, identificando y observando la condición en que se encuentra cada componente CRC, Primario y Secundario del elemento.
 - ✓ Deterioro de pintura e indicios de corrosión en escudo, brazos y estructura del escudo.
 - ✓ Condiciones de las plataformas, escaleras y barandas de circulación.

- ✓ Pérdidas de agua por los sellos de cierre estanco.
 - ✓ Estado de cadenas de operación.
 - ✓ Lubricación de ejes y mecanismos.
 - ✓ Indicios de golpes en el escudo por material flotante.
 - ✓ Pérdidas de aceite por las empaquetaduras de servos.
 - ✓ Estado de mangueras, conexiones y uniones.
- Se seleccionará un elemento de operación auxiliar al azar sobre el que se realizarán las siguientes inspecciones globales del conjunto:
 - ✓ Nivel de aceite de los depósitos.
 - ✓ Pérdidas en bombas y mangueras.
 - ✓ Estado de las cajas de protección.
 - ✓ Estado de puestos de comando.
 - ✓ Pintura de cajas de protección y barandas.
 - ✓ Estado de la alimentación eléctrica, llaves, cableado y puesta a tierra.
 - ✓ Disponibilidad de combustible, aceite, batería y sistema de refrigeración en motores auxiliares de emergencia.

Los controles mencionados que se realicen para un elemento en particular, y se superpongan con lo establecido en el Manual de O&M, deben ser considerados como una verificación puntual de muestra que indica que lo establecido en este Manual se realiza para todos los equipos.

Las inspecciones que no sean rutinarias deben cumplir con las siguientes premisas:

- La operatividad debe verificarse de acuerdo al Manual de O&M que requerirá al menos una operación de prueba de todos los equipos anualmente tal como se describe en 7.4.
- En los elementos estacionarios, donde se requiera que la inspección se haga en seco, la misma se realizará al menos una vez cada 5 años. Cualquier operación que deje en seco estos elementos deberá ser aprovechada para realizar la inspección, pudiendo contarse entonces los próximos 5 años a partir de la misma.

- En el caso de elementos de retención del embalse no estacionarios que deban ser utilizados para operación del embalse en forma frecuente y, por lo tanto, se encuentren más proclives a sufrir daños por fatiga, la inspección se debe realizar una vez cada 2 años.
- Se debe inspeccionar la totalidad de los equipos cada 25 años dejando en seco al mismo por medio de ataguías, bajando el embalse o extrayéndolo totalmente de su posición. La inspección de las piezas fijas se debe realizar por medio de buzos dotados de equipos de televisión y grabación en video que recibirán órdenes de los equipos técnicos. Cualquier descenso de embalse ocurrido por motivos de O&M o hidrológicos será aprovechada para realizar estas inspecciones, al menos parcialmente.
- Las ataguías que se usen para dejar en seco elementos de los equipos deben ser inspeccionadas en seco antes de cada uso, y sus guías deben ser inspeccionadas cada 25 años por medio de buzos con la metodología de inspección indicada en el punto anterior.

5.- CRECIDAS

5.1.- Crecidas a considerar

A partir de los datos de caudales registrados y representativos de la zona de ubicación de la presa y referencias de las crecidas precedentes, el Responsable Primario realizará los estudios que implican evaluar la probabilidad de ocurrencia de hidrogramas de las crecidas afluentes al embalse. El análisis debe considerar tanto los caudales máximos como los volúmenes aportados por los mismos, como asimismo la distribución de frecuencias de las crecidas. Si las crecidas se registraran en un período breve del año, se deberán analizar con mayor detalle los hidrogramas registrados para esos períodos, para así tener en cuenta su eventual coincidencia con los niveles que se establecerán en la Norma de Operación del Embalse.

El criterio básico para la selección y la determinación de las crecidas de proyecto de presas nuevas y verificación de presas existentes, será el del riesgo potencial asumible, sobre el que, en el Apéndice C, se presentan las condiciones a cumplir.

En el proyecto y en la explotación de la presa se definirán razonadamente, en función de la categorización frente al riesgo de la misma, tres tipos de crecidas afluentes al embalse:

- Crecida de Desvío del Río: Es la crecida que, en función del riesgo potencial asumible, se adopta en el proyecto de los desvíos provisorios y dispositivos de descarga durante la fase de construcción de la presa.
- Crecida de Proyecto: Máxima crecida que debe tenerse en cuenta para el dimensionado del aliviadero, los dispositivos de descarga y las estructuras de disipación de energía, de forma que funcionen correctamente.
- Crecida Extrema de Verificación: La mayor crecida que la presa debe soportar. Supone un escenario límite al cual puede estar sometida la presa sin que se produzca su rotura, admitiendo márgenes de seguridad más reducidos.

5.2 Niveles Característicos del Embalse

En las fases de proyecto y explotación se definirán los niveles de embalse siguientes:

- a) Nivel Máximo para la Condición de Emergencia (NMCE): Es el máximo nivel de retención adoptado en el proyecto que se podría alcanzar en el embalse ante una emergencia.
- b) Nivel Máximo de Operación Extraordinaria (NMOE): Es el máximo nivel que se alcanza en el embalse, considerando su acción laminadora, cuando afluye la crecida de proyecto.
- c) Nivel Máximo de Operación Normal (NMON): Es el máximo nivel que puede alcanzar el agua en el embalse en un régimen normal de explotación. Su valor se justificará en el proyecto y en las diferentes revisiones de las Normas de Operación del Embalse.
- d) Nivel Mínimo de Operación Normal (NmiON): Es el mínimo nivel que puede alcanzar el agua en el embalse de forma tal que se asegure la provisión para usos consuntivos aguas abajo. Su valor se justificará en el proyecto y en las diferentes revisiones de las Normas de Operación del Embalse.
- e) Nivel Mínimo de Operación Extraordinaria (NmiOE): Es el mínimo nivel que se alcanza en el embalse, en situación de estiajes críticos, y a partir del cual, para presas de generación eléctrica, quedan fuera de servicio los equipos generadores. Su valor se justificará en el proyecto y en las diferentes revisiones de las Normas de Operación del Embalse.

A partir de los niveles característicos definidos precedentemente se fijan intervalos o franjas de niveles en que se divide el embalse para establecer su Norma de Operación. En el Apéndice D se detallan tales intervalos.

5.3 Resguardos

Resguardo es la distancia recta vertical entre un determinado nivel de la superficie libre del agua en el embalse y la cota de coronamiento o cota superior de la presa.

Desde el punto de vista de la seguridad de una presa y de acuerdo con los niveles característicos de embalse deben considerarse dos situaciones principales de resguardo:

- a) Resguardo normal: Es la diferencia entre el nivel del coronamiento de la presa y el Nivel Máximo de Operación Normal (NMON), y que, además de ser suficiente para la evacuación de las crecidas, será igual o superior a las sobreelevaciones producidas por los oleajes máximos, incluyendo los debidos a los efectos sísmicos.
- b) Resguardo mínimo: Es la diferencia entre el nivel del coronamiento de la presa y el Nivel Máximo para la condición de emergencia (NMCE) adoptado para absorber la Crecida de Proyecto. Este resguardo será igual o superior a las sobreelevaciones producidas por los oleajes en situaciones de crecida y para su determinación se tendrá en cuenta la descarga de la crecida extrema.

Para su determinación se considerarán eventuales asentamientos por fenómenos sísmicos u otras causas de carácter extraordinario.

En la situación de emergencia es posible tolerar una disminución parcial o total del resguardo bajo condiciones como las que se indican:

- presas de materiales sueltos: no se admite vertidos por sobre el coronamiento debidos al oleaje producido por los vientos, salvo que las presas estén proyectadas específicamente para ello.
- presas de hormigón: sólo se admiten vertidos accidentales por oleaje.

5.4.- Normas de Operación de Presas y Embalses

La norma de operación de una presa y su correspondiente embalse es un documento escrito por medio del cual se establecen las condiciones bajo las cuales se deberá abrir y cerrar compuertas de vertederos y otras estructuras de descarga, iniciar o detener la generación de energía, realizar la apertura súbita de compuertas por requerimientos de mantenimiento de cauce del río, etc.

En síntesis la Norma de Operación de la Presa y el Embalse deberá incluir, como mínimo, la siguiente información:

- Niveles característicos del embalse y las correspondientes franjas.
- Los niveles máximos y mínimos admitidos en el embalse para cada época del año.
- La velocidad máxima de variación del nivel del embalse admisible, especialmente en las presas de materiales sueltos y cuando existen riesgos de inestabilidad de laderas.
- Los resguardos convenientes en el embalse durante épocas de riesgo de crecidas.
- Caudales mínimos a erogar hacia aguas abajo por requerimientos de usos consuntivos.
- Caudales mínimos a erogar hacia aguas abajo por requerimientos ecológicos.
- Definición de la situación de Operación Normal y Extraordinaria.
- Definición de las crecidas Ordinarias y Extraordinarias.

6.- SISMICIDAD

6.1.- Sismos a Considerar

Se identifican y caracterizan los sismos básicos de diseño que el Responsable Primario de la presa deberá verificar como comprobación estructural de las presas ante eventos sísmico de distinta recurrencia. Ellos son:

- Sismo de Operación Normal (SON)
- Sismo Máximo de Verificación (SMV).

Detalles complementarios sobre las técnicas de sus determinaciones y acción sobre la estructuras de las presas se presentan en el Apéndice E de esta Normativa.

6.2.- Sismo de Operación Normal (SON)

6.2.1.- Características generales

El Sismo de Operación Normal (SON) será el que tiene una probabilidad de ocurrir, al menos una vez, durante la vida útil de la presa. Se considerará para ello el evento con el 50 % de probabilidad

El SON será sobrellevado por la presa y las obras de operación del embalse y sus equipos, sin que sufran ningún daño estructural ni interrupción de la operación. Por tratarse de un evento que será considerado “normal” dentro de las condiciones de operación, los controles que deban realizarse posteriores al movimiento sísmico deberán ser programados para ser realizados en el momento en que el programa de operación lo permita y no ameritarán habilitar ninguna Situación de Emergencia especial. Por lo tanto los dispositivos automáticos de operación programados para activarse en una Situación de Emergencia no lo deben hacer para este evento.

En el caso de presas abandonadas no se realizará una verificación de seguridad con el SON, ya que se considera que la misma no será afectada en su desempeño operativo, etapa que ya ha sido superada, y por lo tanto se remitirá la verificación de este tipo de presas a las condiciones extraordinarias solamente.

La determinación del SON está relacionada exclusivamente con la operación normal de la presa durante su vida útil, para lo cual se estipula estimarla entre los 50 y 100 años si no se cuenta con otra pauta para la explotación o pronóstico de colmatación del embalse que determine una vida útil menor. La prolongación de la vida útil por condiciones operativas favorables y buen mantenimiento exigirá que el SON sea redeterminado y se reanalice la afectación de la estructura de la presa o de los equipos para operación del embalse ante este nuevo evento

No se relacionará la elección del SON con ninguna categorización o calificación de la presa. Todas las presas, independientemente de su tamaño, deben tener un umbral de seguridad mínimo aceptable para la condición de operación normal.

Se aplicará para la determinación del evento la Magnitud que surja de la recurrencia que resulte aplicable, obtenida de la ley probabilística que se determine para el área de la presa y se obtendrá la Intensidad (MM), de la/s fórmula/s locales que se haya adoptado para la

propagación de las aceleraciones en roca, a partir de un epicentro medio o característico para cada falla o región, obtenido a partir de los sismos registrados.

6.2.2.- Aplicación

La aplicación del SON depende del tipo de estructura que se encuentre involucrada en las obras cuya seguridad se analiza.

En el caso de estructuras de hormigón, que cuenten o no con equipos de operación incorporados, la estructura de la presa deberá resistir el SON dentro del período elástico, sin que se produzcan fisuras o grietas ni deformaciones permanentes.

En las estructuras de suelo se admitirán deformaciones siempre que por la acumulación de las mismas, luego de ocurrido el sismo, no resulte afectado el bordo libre mínimo de diseño de la presa, definido como Nivel Máximo de Operación Extraordinaria (NMOE) o bien como el bordo libre para condiciones normales de operación. El análisis de los desplazamientos, deberá extenderse además a la estructura interna de la presa verificando que no resulte afectado más de un 20% de los espesores de material impermeable y un 50% de los espesores de filtros y drenes.

En el caso de presas de estructura mixta, con elementos de hormigón, se requerirá que la parte de hormigón y sus estructuras accesorias cumplan con lo dicho para las obras de hormigón, y por lo tanto las deformaciones admitidas para la estructura de suelo o enrocado no deben introducir deformaciones que impliquen el deterioro de los elementos de hormigón.

Se analizará si las laderas del embalse son estables; se analizarán las deformaciones permanentes bajo la acción del SON luego de llenado el embalse que las sumerja parcialmente dentro de los posibles niveles de embalse de operación comprendidos entre el máximo y el mínimo.

Los detalles de caracterización y aplicación del SON, así como los análisis a realizar para las distintas estructuras, se detallan en el Apéndice E de esta Normativa.

6.3.- Sismo Máximo de Verificación de Seguridad (SMV)

6.3.1.- Características generales

El Sismo Máximo de Verificación (SMV), es el evento máximo aceptado que la presa debe resistir. Dicho evento podrá ser el máximo que tiene posibilidad de afectar la presa, a sus obras principales y equipos, o un evento menor si la categorización de la presa lo admitiese. En el proceso de verificación estructural se requerirá que los daños que se produzcan en la estructura de retención resulten menores, y que la operación de los elementos de control del embalse (vertedero y descargador de fondo) quede garantizada luego de ocurrido el evento.

Se entienden como daños menores en las obras de retención y operación los daños estructurales que sean posteriormente reparables y que, luego de ocasionados, pueda continuar la operación normal de la presa. La aceptación de la destrucción total para este mismo evento, de otros equipos de operación del aprovechamiento, como central, líneas de alta tensión, dispositivos para riego, etc., no relacionados con la seguridad de la presa, no habilitará la aceptación de daños en la estructura de la presa más allá de los daños menores mencionados

En el caso de presas abandonadas la aplicación de estas verificaciones se realizará según los mismos métodos que para las presas en operación, con la excepción de aquellas presas cuyo abandono haya sido consecuencia de la pérdida de la capacidad de embalsar por colmatación del mismo. En este caso, se reducirá la peligrosidad de la presa en la medida que su capacidad de embalse se haya reducido, y mantendrá la peligrosidad derivada de la falla estructural en sí misma y los daños ambientales que la misma pudiera provocar.

Si se determinara que la presa no se encuentra en condiciones de resistir el SMV cumpliendo con las premisas antes señaladas, la presa será declarada en Incumplimiento de la Condición de Seguridad en cuanto a las acciones sísmicas extraordinarias, y por lo tanto será imprescindible estudiar las consecuencias y afectaciones aguas abajo de la misma.

Habiéndose adoptado la categorización por peligrosidad, se indican los Eventos de Seguridad sísmicos con que se deberá verificar a las presas.

SISMO MAXIMO DE VERIFICACION (SMV)

Categorización de la presa	Riesgo potencial	Sismo de verificación
A	Alto	Sismo Máximo Creíble (SMC)
B	Significativo	Sismo de 1.000 a 5.000 años de recurrencia
C	Bajo	Sismo de 100 a 200 años de recurrencia

El sismo inducido por el embalse en un sitio de presa, si correspondiera considerarlo y hubiera resultado equivalente al SMV (por tratarse de una zona de baja sismicidad), desestimará ejecutar análisis sobre la presa de un evento sísmico extraordinario, ya que el mismo deberá considerarse como SON, con mayores requerimientos de seguridad que los que aquí se plantean.

6.3.2.- Aplicación

La aplicación del SMV esta específicamente dirigida a la verificación de seguridad de la presa y otras estructuras de retención para un evento de recurrencia extraordinaria según la categorización de la presa y a garantizar la operación de los dispositivos de manejo del embalse durante dicho evento extraordinario y luego de ocurrido el mismo. Se deberá considerar en las verificaciones de las estructuras de retención que las deformaciones permanentes no signifiquen el colapso de la presa.

Se considerará asimismo que se mantengan estables las laderas del embalse, se mantengan transitables los accesos a la presa y quede garantizada la alimentación eléctrica de operación e iluminación ya sea en condiciones normales o en las condiciones de emergencia previstas para la presa.

En el caso particular de las estructuras de suelo se admitirá deformaciones siempre que, por la acumulación de las mismas luego de ocurrido el sismo, no resulte afectado el bordo libre mínimo de diseño de la presa, para condiciones extraordinarias de operación por encima del Nivel Máximo de Operación Normal (NMON).

En el caso de presas de estructura mixta, con componentes de hormigón, se admitirá que las estructuras de hormigón y sus estructuras accesorias sufran daños y se pierda estanqueidad en la estructura, siempre que dichos daños de ninguna manera signifiquen el colapso de la presa.

Se analizará si en las laderas del embalse se producirán deformaciones permanentes en el caso del SMV. Se deberá verificar la estabilidad de las laderas potencialmente deslizables, tanto las que se encuentran en condición natural como las que puedan haber sido afectadas en su seguridad por inundación parcial producida por el embalse.

En el caso de ocurrir un evento extraordinario de este tipo, y los consecuentes daños al nivel que se aceptan, se devolverá la seguridad a la estructura de retención mediante el vaciado parcial del embalse por medio del funcionamiento garantizado de vertedero y descargador de fondo.

Otros detalles de aplicación y características del SMV, así como los análisis a realizar para las distintas estructuras, se detallan en el Apéndice E de esta Normativa.

7.- CONTROL DE LA SEGURIDAD DE PRESAS EXISTENTES

7.1.- Disposiciones generales

El control de la seguridad de las presas existentes tiene por objeto la evaluación del diseño y el análisis del comportamiento estructural que cumpla con lo requerido en esta Normativa.

El Responsable Primario de una obra existente debe examinar y evaluar todos los principales frentes de proyecto para verificar que se han utilizado criterios y datos apropiados. Al mismo tiempo las presas existentes deberán analizarse teniendo en cuenta los estudios e informes de otras de igual tipo o similares, contemporáneas, para obtener una noción más acabada sobre los criterios de diseño y los métodos constructivos utilizados.

Las revisiones serán realizadas por el Responsable Primario, quien elaborará un informe de evaluación, que presentará a la ASEP (a través de la UTESEP) para su consideración. En especial deberá comprobar si se han considerado y son consistentes con los eventuales cambios de condiciones observados en los tiempos de operación de la obra, tales como los datos instrumentales, cargas, incrementos de filtraciones o variaciones de presiones de poros o intersticiales, erosiones, etc.

7.2.- Condiciones y acciones actuantes en la etapa de Operación

Se resumen las distintas condiciones y acciones de verificación estructural actuantes durante la operación de una presa.

Condición Normal:

- Nivel de embalse NMON.
- Oleaje ordinario.
- Sistema de alivio de subpresiones funcionando en su totalidad.
- Ausencia de sismo.
- Ausencia de empujes sobre el paramento de la presa por azolvamiento

Condiciones Eventuales:

Basta con una de las siguientes condiciones, conservándose los demás parámetros en los valores normales:

- Nivel de embalse entre el NMON y el NMOE.
- Oleaje eventual.
- Sistema de alivio de subpresiones funcionando parcialmente.
- Sismo menor o igual que el SON.
- Empujes contra el paramento de la presa por azolvamiento

Condiciones Extremas:

Basta con una de las siguientes condiciones, conservándose los demás parámetros en los valores normales, o bien la combinación de dos condiciones eventuales simultáneas:

- Nivel de embalse NMCE.
- Oleaje extraordinario.
- Sistema de alivio de subpresiones no funcionando.
- Sismo Máximo de Verificación (SMV).

En los informes de inspección se deberá dejar constancia sobre las condiciones en que la presa ha operado en el período que se controla haciendo especial mención si en el mismo ha ocurrido alguna de las mencionadas como eventuales o extremas.

7.3.- Revisión de las Obras Civiles

Las revisiones de una presa en estado de funcionamiento pueden variar significativamente en la profundidad de los análisis e investigaciones de acuerdo a la disponibilidad y calidad de la información de ingeniería existente, y a la validez de las hipótesis de diseño.

7.3.1.- Fases de investigación

Las investigaciones se deberán enfocar eventualmente en dos fases:

Una primera fase, (Fase I), en la que se realicen investigaciones para una evaluación de las condiciones generales de la obra con respecto a la seguridad, basándose en la información disponible y en las inspecciones. Se determinarán las necesidades de potenciales medidas de emergencia, y si son necesarios y se justifican estudios adicionales y análisis.

La revisión será hecha sobre los datos de ingeniería pertinentes y disponibles relativos al diseño de las estructuras que componen el cierre, construcción y operación de la presa y estructuras auxiliares, incluyendo los equipos de operación hidroelectromecánicos.

Adicionalmente se complementará con los análisis de la información instrumental, así como de los protocolos de inspecciones periódicas realizadas y con una sistemática y detallada inspección visual.

En base a estas investigaciones se preparará un informe de evaluación sobre las condiciones generales de la presa, listado de falencias en datos de ingeniería de diseño y registros de control, incluyendo en lo posible una evaluación sobre las capacidades hidráulicas – hidrológicas del cierre y sobre la estabilidad estructural.

Se desarrollará una segunda fase, (Fase II), en cuanto la primera indique la necesidad de profundizar estudios o la realización de investigaciones adicionales.

Esencialmente esta fase incluirá todos los estudios, investigaciones y análisis adicionales, necesarios para evaluar la seguridad de la presa. Se incluirán las inspecciones visuales detalladas, así como mediciones y datos instrumentales adicionales, exploración y toma de testigos, ensayos de materiales, análisis hidráulicos – hidrológicos y análisis de estabilidad estructural.

7.3.2.- Informes

El Responsable Primario de una obra existente preparará informes finales en cada una de las fases anteriormente mencionadas, los que se elevarán a la ASEP (UTESEP) para su conocimiento y acción. Estos informes deben contar con la identificación y firma de los profesionales técnicos responsables de las evaluaciones.

Informe de Fase I.

Contará, entre otra, con la siguiente información:

- Descripción de la presa, incluyendo su ubicación regional, los planos básicos (cortes y plantas) que muestren las principales características y dimensiones, y su clasificación de riesgos potenciales.
- Resumen de la información de ingeniería existente, incluyendo mapas geológicos e información geotécnica.
- Resultados de las inspecciones visuales incluyendo fotografías y dibujos – esquemas de modo de minimizar descripciones.
- Evaluación de la adecuación de los planes de manejo del embalse y mantenimiento de la presa y su influencia en la seguridad de la misma.
- Descripción de cada sistema de advertencia detectado.
- Evaluación de las hipótesis hidráulicas e hidrológicas y de la estabilidad estructural.
- Una evaluación de las condiciones generales de la presa con respecto a la seguridad, basada en las conclusiones de las inspecciones visuales y en la revisión de la información de ingeniería.

- Listado de todos los estudios, investigaciones y análisis adicionales que se consideren esenciales para una correcta evaluación de la presa, conjuntamente con la opinión del personal técnico sobre la urgencia de realización de los mismos.
- Indicación de medidas rectificativas en los procesos de operación y mantenimiento en los que se hayan detectado deficiencias durante la evaluación de la presa en esta fase.

Informe de Fase II.

Describe con detalle las investigaciones complementarias contenidas en el Informe de la fase I. Contará, entre otra, con la siguiente información:

- Resumen de los datos adicionales de ingeniería obtenidos a fin de determinar la capacidad hidráulica e hidrológica de la presa y/o la estabilidad estructural.
- Resultados de todos los estudios, investigaciones y análisis adicionales realizados.
- Evaluación técnica de la seguridad de la presa incluyendo deficiencias y condiciones riesgosas que se hubieren detectado.
- Indicación de medidas rectificativas en los procesos de operación y mantenimiento en los que se hayan detectado deficiencias durante la evaluación de la presa en esta fase.

7.4.- Revisión de los equipos hidroelectromecánicos.

Se hacen extensivos a los aspectos hidroelectromecánicos los requerimientos indicados para la parte civil concernientes a las fases de investigación e informes de las mismas.

Se deberá examinar el buen funcionamiento y el estado de mantenimiento del conjunto de elementos mecánicos y eléctricos de la presa. Adicionalmente a la inspección del estado y de la precisión de funcionamiento de estos elementos, se debe hacer especial hincapié sobre la lubricación.

Se deberá examinar el estado de piezas mecánicas de las distintas estructuras, detectando las defectuosas por corrosión, uso etc., indicando su reemplazo. Se revisará la disposición de piezas de repuesto que se dispone en la obra, esencialmente de los equipos y estructuras electromecánicas de cuya acción depende la seguridad de la presa.

La inspección de estos materiales se debe centrar, en forma no exhaustiva, en la siguiente lista:

- Rejas y limpia-rejas.
- Compuertas, comprendiendo las piezas fijas y los elementos de estanqueidad.
- Ataguías, comprendiendo los elementos de izaje.
- Tornos y motores.
- Cables y cadenas.
- Circuitos hidráulicos y neumáticos.
- Sistemas de ventilación.
- Motobombas.
- Alimentación de energía y circuitos de alimentación.
- Transformadores y torres.
- Dispositivos de comando de control locales y a distancia.
- Iluminación normal y de seguridad.
- Sistemas de incendio.
- Sistemas y aparatos de telecomunicaciones.
- Material móvil como vehículos, grúas, barcos, necesarios para el mantenimiento y operaciones de socorro.

Se dispondrá de una atención particular sobre la seguridad de alimentación de electricidad en caso de una catástrofe natural a escala regional como sismos, inundaciones, incendios forestales, etc. Se verificará el accionamiento y mantenimiento de grupos electrógenos de emergencia.

7.5.- Análisis de la Condición de Operación Extraordinaria

Se considerará Situación de Emergencia cuando, según la categoría asignada a la presa de acuerdo a su peligrosidad, afecte a la misma uno de los eventos máximos previstos.

Esta Situación de Emergencia podrá originarse por efecto de una crecida o un sismo, que la presa deberá resistir estructuralmente u operar por medio de las compuertas que controlan las estructuras hidráulicas de descarga, si es que se encuentra en condiciones de hacerlo. De lo contrario, debe considerarse que es posible el colapso de la misma.

7.5.1.- Estructuras de las Obras de Retención

En el caso de ocurrir una Situación de Emergencia, la presa y las compuertas que controlan las estructuras hidráulicas de descarga deberán resistir estructuralmente el empuje del agua provocado por la misma. Se deberá considerar al menos los siguientes aspectos:

a.- Crecidas

En el caso de una crecida la Situación de Emergencia requerirá que la presa acumule parte del volumen de la misma y, por lo tanto, el nivel de su embalse alcance un nivel extraordinario que deberá ser retenido por la estructura y por los elementos que forman parte del cierre de las estructuras hidráulicas de descarga (v.g.: vertederos). Este nivel, establecido como NMOE en la etapa de diseño, podrá ser modificado en la medida que el evento de seguridad sea distinto al de la crecida de diseño adoptada en el proyecto, o bien que por restricciones en la operación de los elementos que forman parte del cierre de las estructuras hidráulicas de descarga, deba penalizarse la capacidad de descarga y ello implique operar la crecida con mayor nivel de embalse.

En el caso que el nivel de embalse máximo supere la cota del coronamiento, ello significara el sobrepaso de la presa.

El nivel máximo del embalse determinado por la Situación de Emergencia deberá ser resistido estructuralmente por la presa y por sus elementos que forman parte del cierre de las estructuras hidráulicas de descarga. Los análisis típicos de resistencia estructural, verificación al deslizamiento y volcamiento deberán ser aplicados para determinar la aptitud estructural.

En estos análisis se deberá tomar en cuenta que el nivel del embalse extraordinario producido por la crecida no es una carga permanente y, por lo tanto, pueden aceptarse valores de resistencia mayores que los usados para las cargas permanentes y factores de seguridad algo menores.

Cuando se determine que la presa no se encuentra en aptitud de resistir el empuje del embalse en estas condiciones, se deberá considerar que es factible el colapso y se deberá considerar lo planificado en el respectivo PADE, tanto en la magnitud de las descargas derivadas hacia aguas abajo como la extensión de las áreas potencialmente afectables.

En el caso que se determine que el nivel de embalse extraordinario no será resistido por algún elemento de retención, en general una compuerta, se deberá considerar el colapso de ese elemento y afectar la zona de aguas abajo con las descargas no controladas derivadas de esa situación.

En el caso que, habiendo tomado conciencia de las limitaciones estructurales de la presa o de los elementos que forman parte del cierre de las estructuras hidráulicas de descarga, se haya ampliado la capacidad de descarga por medio de mayor capacidad de vertido, por medio de un vertedero auxiliar o una presa fusible, se deberá considerar la descarga adicional de ese elemento y afectar la zona de aguas abajo con las descargas no controladas derivadas de su operación.

En el caso que se hubiera restringido la operación normal de una obra (previendo sus limitaciones en condiciones extraordinarias), manteniendo un nivel máximo de operación restringido, cuando se llegase a producir la Situación de Emergencia, el nivel del embalse se mantendrá dentro de lo aceptable estructuralmente.

En este caso la verificación se limitará al nivel de embalse extraordinario adoptado a partir de las condiciones indicadas en el párrafo anterior. Esto se realizará toda vez que las restricciones establecidas a la operación normal se encontraran ya consolidadas y se dispusiera de mediciones de control y sistemas de alarma que no permita superarla.

b.- Sismos

Los esfuerzos sísmicos máximos que actúen sobre las estructuras de retención también deberán ser resistidos sin posibilidades de colapso cuando se trate de elementos de alta peligrosidad o aceptando tal posibilidad si el potencial colapso no conlleva mayores peligros.

En el caso de la presa será imperativo garantizar la seguridad a los sismos. Si la seguridad requerida no se cumpliera, se deberá penalizar la operación adoptando un nivel de embalse menor que el NMON. Este nivel de embalse NMON “de seguridad” deberá garantizar la seguridad de la presa aún en el caso de ocurrir el SMV.

Si bien la seguridad de la presa puede resultar satisfactoria, se debe verificar que los otros elementos de operación también cuenten con el grado de seguridad exigido. En el caso que se determinara que alguno de ellos se encuentra con su seguridad limitada ante la ocurrencia del SMV se considerará un Incumplimiento de la Condición de Seguridad. En este caso debe considerarse que la rotura de un elemento de operación no significa el colapso de la presa. Sin embargo el colapso de dicho/s elemento/s puede provocar verdaderas descargas extraordinarias, típicas de la operación de la presa en Condición de Emergencia y que la crecida generada por estos colapsos sea tal que ponga en peligro vidas humanas o instalaciones de infraestructura pública aguas abajo de la presa y se determine la necesidad de establecer un NMON “de seguridad”.

En el análisis de vulnerabilidad de las compuertas deberá considerarse si el problema deriva del diseño, con lo cual es probable que todas las compuertas adolezcan del mismo problema y el colapso pueda llegar a afectar a todas por igual, o bien que se trate de un problema particular de una compuerta y que el posible colapso quede limitado solamente a ésta.

Es evidente que la limitación al nivel del embalse y la adopción de un NMON “de seguridad” también dependerá de la cantidad de elementos que resulten vulnerables, pudiendo el espectro de colapsos variar desde una única estructura de alta peligrosidad, tal como la presa, a una estructura de menor peligrosidad, tal como una compuerta, siendo el colapso de varias compuertas una situación intermedia.

No se deberá considerar la posibilidad conjunta de ocurrencia de sismos y crecidas por lo que toda verificación sísmica deberá hacerse considerando al embalse en el NMON o bien el NMON “de seguridad” adoptado.

7.5.2.- Estructuras Hidráulicas de Descarga

Habiéndose ya expresado las potenciales fallas estructurales de los elementos de cierre de las estructuras hidráulicas de descarga, se analiza la operación de los mismos en una Situación de Emergencia.

a.- Crecidas

En el caso de una crecida será necesario operar las compuertas de cierre de las estructuras hidráulicas de descarga (v.g.: vertederos) de manera de controlar el nivel del embalse para impedir el desborde de la presa o limitar su nivel a un valor máximo admitido por las estructuras y por las compuertas.

La operación podrá hacerse durante la crecida o ante el aviso de la crecida para crear capacidad de embalse para la regulación. En ambos casos debe delimitarse el área afectada por las descargas y planificarse la Situación de Emergencia por medio del PADE que considere esas descargas, con el correspondiente análisis de riesgo siguiendo los criterios expuestos en el Apéndice C.

b.- Sismos

Ya se ha mencionado que por sus características propias los esfuerzos sísmicos deben ser resistidos tanto por la presa como por los elementos de operación del embalse en una condición normal, ya sea el NMON o un NMON “de seguridad”. Mantener el embalse en esta Condición de Seguridad, previamente verificada, será suficiente para prevenir cualquier colapso de gravedad.

Sin embargo, en el caso de ocurrir sismos extraordinarios, por encima del SON, en los que se admite que puedan ocurrir daños menores, será necesario garantizar la operatividad de estos equipos luego del sismo. Se considera imprescindible contar con los elementos de control en condiciones de operar luego del sismo para verificar la gravedad que puedan haber alcanzado estos daños ocurridos, y verificar que realmente no han superado el rango de daños “menores”

Por lo tanto se debe exigir que los elementos de operación del embalse mantengan su operatividad aún luego de haberse producido el SMV. Ello deberá quedar establecido en las especificaciones de diseño y montaje de estos elementos, donde se establecerá claramente los valores del SON y del SMV, debiendo establecerse la resistencia de los arraigos y la rigidez de los mecanismos de tal manera que la operación de estos elementos no sea afectada por un esfuerzo sísmico extraordinario. En la verificación sísmica de estos elementos, deberá considerarse que usualmente éstos se encuentran montados en estructuras que, en general, amplifican los movimientos sísmicos de la fundación indicados en las Especificaciones y criterios de

diseño. Por lo tanto la verificación sísmica de estos mecanismos deberá hacerse con las oscilaciones amplificadas por las obras civiles hasta sus cotas de instalación.

7.6.- Actualización de los Esfuerzos sobre la Estructura de la Presa para Operación Extraordinaria

Todas las presas cuentan dentro de sus criterios de diseño con situaciones extraordinarias. Estos criterios pueden no haber tomado en cuenta la posible afectación de áreas pobladas aguas abajo, ya sea porque ello fue ignorado en el diseño o bien porque ello cambió luego de la construcción de la presa.

Por otra parte la regulación del río por la presa puede haber modificado los hábitos de la población en términos de confianza, desconociendo los posibles efectos que se encuentran latentes y que se manifestarán en la operación extraordinaria. Como resultado de ello puede haberse invadido zonas potencialmente afectables por las descargas, sin intervención ni limitación por parte de las Autoridades, que usualmente también pueden desconocer estos potenciales efectos.

Por lo tanto, resulta imprescindible revisar los criterios de diseño de una presa actualizándolos a la situación actual, y considerando en especial los siguientes puntos:

- Determinación del NMOE producido por la crecida de seguridad determinada sobre la base de la categorización de la presa, tanto por requerimiento de bordo libre o por uso del área del embalse. Si dicho nivel no fuera aceptable se deberá aumentar la capacidad de descarga o bien aumentar el volumen de almacenamiento de las crecidas.

Se deberá verificar si la máxima erogación posible de las estructuras hidráulicas de evacuación - tanto de diseño como ampliada de acuerdo a lo dicho en el punto anterior - no resulta compatible con la ocupación del área de aguas abajo, tanto por afectación de población permanente o por infraestructura instalada. En tal caso se deberá aumentar el volumen de almacenamiento de crecidas para reducir las descargas.

Se deberá determinar el NMON compatible con los esfuerzos generados por sismos extraordinarios para garantizar la seguridad de la presa y el correcto funcionamiento de todos los equipos, tanto de operación como de control de la misma. Si ello no fuera compatible con la operación normal se deberá aceptar el riesgo de colapso para la Situación de Emergencia, realizar el PADE considerando esta posibilidad, limitar el uso del área aguas abajo, previen-

do las potenciales descargas y planificar la emergencia para el caso que se produzca la misma.

7.7.- Restricciones en el Nivel del Embalse por Ocupación Indevida

7.7.1.- En Elementos de Descarga

Cuando se verifique la existencia de ocupación de áreas potencialmente inundables con asentamientos de personas, construcciones permanentes, u otro tipo de ocupación que implique una restricción en el caudal erogado hacia aguas abajo, el Responsable Primario de la presa determinará, mediante estudios de ingeniería correspondientes, el caudal máximo que puede erogar la obra en estas condiciones, y en caso de ser menor al que permite la operación en Situación Extraordinaria se declarará a la presa en Incumplimiento de la Condición de Seguridad.

Se deberá determinar una Operación Normal Restringsida tal que el nivel del embalse no afecte la capacidad de manejo de crecidas extraordinarias.

El Responsable Primario es responsable de mantener, mediante una operación restringida, la seguridad de las vidas y bienes en peligro hasta tanto el problema sea resuelto por la autoridad pública correspondiente. Igualmente, el Responsable Primario estará obligado a informar a la ASEP el resultado de tales diligencias.

7.7.2.- En el Nivel del Embalse

En caso de verificarse, en presas existentes, la ocupación de áreas de inundación para cotas de embalse correspondientes al NMOE o menores, tales como asentamientos de personas, construcciones permanentes, etc., el Responsable Primario de la presa determinará la cota inferior de estas ocupaciones.

El Responsable Primario de la presa determinará mediante estudios de ingeniería correspondientes el nivel máximo que puede alcanzar el embalse bajo las condiciones de erogación de diseño y, en caso de ser superior al nivel relevado de la ocupación indevida, se declarará a la presa en Incumplimiento de la Condición de Seguridad.

Se deberá determinar una Operación Normal Restringsida tal que el nivel del embalse no afecte la capacidad de manejo de crecidas extraordinarias.

En presas construidas con posterioridad a la aprobación de la presente norma, el Responsable Primario estará obligado a gestionar ante la autoridad pública competente el mantenimiento del área de inundación del embalse libre de cualquier tipo de ocupación. Igualmente, el Responsable Primario estará obligado a informar a la ASEP el resultado de tales diligencias.

8.- CONTROL DE LAS OBRAS EN CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN

8.1.- Inspecciones de Obras Civiles

La principal finalidad de las inspecciones a las estructuras que forman parte de un aprovechamiento hidroeléctrico, es identificar las deficiencias que puedan afectar la seguridad del mismo.

Algunas de las deficiencias detectadas por estas inspecciones se corregirán con el mantenimiento normal programado para la obra. Otras, más importantes, requerirán investigaciones por profesionales calificados con experiencia en estas áreas y su reparación podrá requerir acciones específicas.

Para la realización de las inspecciones técnicas de las obras, el personal asignado deberá emplear una metodología unificada (de modo de poder comparar situaciones) que comprenda, entre otras, las siguientes etapas:

- Revisión preliminar de las características básicas de cada estructura (instalaciones etc.) que, por su implicancia en el buen funcionamiento de la obra, resultara necesario verificar en sus condiciones actuales. Se tendrán en cuenta igualmente los antecedentes disponibles en cuanto a características de proyecto, modificaciones efectuadas y eventuales datos de comportamiento estructural.
- Reunión de intercambio y consulta en la presa, con el personal a cargo de la explotación de la misma.
- Verificación en el sitio de la presa de la información básica generada desde la última inspección, tanto de datos de diseño como de manejo de avenidas importantes y el comportamiento estructural.

- Solicitud en la presa de la información sobre los sistemas instrumentales instalados en cuanto a toma de datos, proceso e interpretación de los mismos.
- Inspección de las distintas estructuras, especialmente de las zonas más propensas a potenciales problemas.
- Redacción de un informe específico que resuma todos esos aspectos y la información recogida. Los mismos se redactarán sobre un índice unificado que permita comparaciones cualitativas sobre los datos obtenidos.

Se resume en el Cuadro N° 1 del Apéndice F los distintos tipos de inspección sobre una presa en operación y sus características principales:

8.2.- Obras Civiles – Componentes a ser controlados

8.2.1.- Etapa de proyecto y Construcción – Consideraciones generales

En cuanto al diseño de un sistema de auscultación, para obras en proyecto o construcción, el Responsable Primario deberá incorporar los tipos y cantidades de instrumentos de medida, para satisfacer los requerimientos técnicos de esta Normativa, así como los que considere necesarios para un control eficaz de las estructuras.

Los instrumentos con capacidad de medición centralizada se conectarán a un sistema de telemedición. Este sistema deberá permitir la lectura automática, con frecuencias variables de cada uno de los aparatos, el almacenamiento de su información y permitir su procesamiento en cada uno de los centros de control.

El Responsable Primario deberá presentar a la ASEP el proyecto detallado de telemedición con posibilidades de envío electrónico a distancia de la información instrumental, conjuntamente con los diseños finales del sistema de auscultación, para su consideración y aprobación respectiva.

La auscultación de las estructuras del cierre y de las obras de conducción se complementará en los otros sectores que el Responsable Primario considere necesario controlar. En particular se enumeran, sin que esto resulte limitante, los siguientes controles instrumentales complementarios:

- Estribos: se observarán deformaciones y posibles desplazamientos de masas rocosas y de la propia presa. Medida y captación de las filtraciones así como de deformaciones y movimientos en las excavaciones realizadas.
- Control de sedimentación: se verificará los datos de transporte de material sólido y su grado de validez. Se determinarán las metodologías de control de la sedimentación en el embalse.
- Explotación del aliviadero: se comprobará que en el proyecto se incluyan instrucciones operativas para los aliviaderos y desagües en relación con los requisitos de estabilidad y prevención de la erosión del cauce inmediatamente aguas abajo.
- Estabilidad de laderas del embalse: se investigará y analizará la estabilidad de las laderas de embalse, y se diseñarán las medidas correspondientes para su control y/o estabilización.

8.2.2.- Etapa de operación normal

8.2.2.1.- Mediciones e inspecciones

La determinación de los parámetros de diseño a controlar a través del sistema de auscultación deberá realizarla el Responsable Primario. Se detallan a continuación, sin que ello implique limitación alguna, algunos de los parámetros cuyo monitoreo se considera necesario, para diferentes tipos de obras:

- Presiones intersticiales y subpresiones en la fundación de la estructura principal del cierre. Se evaluará la efectividad de un tratamiento de inyecciones y drenaje a lo largo de la fundación del cierre en el macizo, y se controlarán las hipótesis asumidas sobre la estabilidad global de la presa.
- Deformaciones y movimientos de la presa: esencialmente se buscará cuantificar las deformaciones por carga que experimentará la estructura y los posibles giros o movimientos globales que puede realizar la misma respecto a su fundación.
- Caudales drenados por el macizo de fundación o por las propias estructuras del cierre: se deberá disponer de instrumentos e infraestructura necesarios para realizar estas medidas en forma individual y por sectores de drenes.

- Temperaturas del embalse, ambiente y estructurales donde el diseño lo determine y aconseje, así como de control de la tecnología de colocación de los hormigones.
- Efectos sísmicos sobre las estructuras y la determinación de las amplificaciones que éstos generan.

Los sistemas de instrumentación adoptados en las obras en operación se considerarán como implementados de acuerdo al estado del conocimiento en el momento del diseño. Los mismos podrán incrementarse en número o variar los tipos de instrumentos si se determinan necesidades complementarias a controlar, de acuerdo a esta Normativa o a eventos que el Responsable Primario haya registrado.

En los cuadros que se anexan en el Apéndice F, y según la categoría de riesgos de la presa, se detallan las frecuencias mínimas de toma de lecturas, complementadas con las inspecciones, que se consideran indispensables para un correcto control a través de los sistemas instrumentales. La toma de lecturas corresponderá al Responsable Primario.

Durante e inmediatamente después del paso de eventos hidrológicos significativos o sismos, los instrumentos deben ser leídos y las inspecciones reforzadas para lograr una mejor documentación de los fenómenos y su influencia sobre las estructuras.

8.2.2.2.- Producción de informes de rutina

Se resumen a continuación las exigencias básicas de producción de informes considerados como rutinarios para el primer llenado y operación normal de un proyecto, y que el Responsable Primario deberá presentar a la ASEP, dentro de los análisis periódicos de control estructural, independientemente de otros tipos de informes requeridos en otros apartados de esta Normativa.

Se resume en el Cuadro N° 3 del Apéndice F las frecuencias de la preparación de informes de control instrumental.

A los efectos de llevar adelante estas determinaciones, el Responsable Primario deberá disponer de un grupo técnico de control con la infraestructura de personal y equipos para realizar, entre otras tareas:

- Verificar las características de instalación de todos los sistemas instrumentales, así como sus respectivos protocolos técnicos de instalación (realizados durante la etapa de construcción de la obra), y actualizarlos durante la etapa de explotación.
- Verificar y/o establecer medidas de protección sobre las instalaciones instrumentales, tanto durante la época constructiva como de mantenimiento de las mismas durante la época de explotación.
- Efectuar las lecturas iniciales de dichos sistemas durante la época constructiva.
- Efectuar las lecturas manuales de dichos sistemas durante la época de explotación.
- En caso de disponer de un sistema centralizado de telemedición, realizar la toma de datos en forma manual de todos los sistemas ante una avería, con las mismas frecuencias de lecturas establecidas.
- Realizar inspecciones periódicas básicas en cada una de las estructuras y completar los respectivos protocolos de control.
- Almacenar y procesar al día toda la información que se recoja, tanto sea la obtenida automáticamente como la proveniente de lecturas manuales “in situ”.
- Disponer de la capacidad necesaria para entrega, hasta con una frecuencia diaria, de resúmenes gráficos y datos necesarios para una correcta interpretación de los fenómenos que se controlan.

8.2.2.3.- Proceso e interpretación de la información generada

Formarán parte de las obligaciones del grupo técnico de apoyo del Responsable Primario, todas las tareas de proceso de la información que se vaya generando, tanto en forma automática a través de la telemedición, como la obtenida de las lecturas directas manuales “in situ” y de los protocolos de inspección periódica y sistematizados.

El Responsable Primario deberá prever, entre otros, dos condicionantes considerados imprescindibles en cuanto al proceso de datos:

- La inclusión de la información al sistema informático en forma directa en el caso de datos provenientes de la telemedición, o inmediata (tiempo inferior al período determinado por la frecuencia de lecturas) en caso de datos obtenidos por medición directa del instrumental.

- La entrega sin postergaciones de la información procesada, en textos, cuadros y gráficos resúmenes para los informes periódicos, o para los eventuales ante situaciones o inspecciones especiales que se mencionan en otros apartados de esta Normativa.

Se deberá disponer de niveles de acción efectivos para una rápida comprobación de lecturas instrumentales que muestren irregularidades o se aproximen a niveles que puedan alterar la estabilidad de las estructuras.

Se relacionará un aumento puntual de lecturas de un instrumento con el comportamiento de otros instrumentos para establecer una lógica de la variación de las magnitudes medidas y descartar comportamientos erráticos de los instrumentos.

Se investigará una disminución de lecturas de un instrumento porque puede estar vinculada a un fenómeno no previsto (por ejemplo: disminución de presiones de poros provocada por la apertura de una vía preferencial creada por erosiones internas).

- Tipos de registros y documentación

Como regla general, el Responsable Primario deberá conservar un archivo permanente que contemple al menos la siguiente información generada durante su gestión:

- Datos de ingeniería y geología relacionados con el diseño, construcción, mantenimiento, reparación o modificación de la presa y obras auxiliares, tales como criterios de diseño, memorias técnicas, planos conforme a obra, informes de laboratorio y otros ensayos, datos geológicos (tales como mapeos, secciones, registros de perforaciones o zanjas o calicatas de exploración, tratamiento de la fundación, inyecciones y planos de excavación) planos originales y especificaciones, informes de inspecciones y de control de calidad, normas originales de operación y mantenimiento, fotografías, videos y todo otro dato necesario para demostrar que la gestión del Responsable Primario (construcción, mantenimiento, reparación o modificación de la presa y obras auxiliares) ha sido efectuada de conformidad con las especificaciones de la obra.
- Registro histórico completo de las observaciones de auscultación desde el inicio de la construcción, incluyendo cuadros y gráficos mantenidos al día con los datos en

forma continua, a fin de establecer la representatividad de estos registros a los fines de la determinación de la seguridad de la presa y obras auxiliares.

- Registro histórico completo de la operación y mantenimiento de la obra, incluyendo las fechas, horas, naturaleza y causa de cualquier interrupción no programada de la operación, suspensión de la operación, restricciones del llenado del embalse que estuviesen vinculadas a la seguridad de la presa y obras auxiliares y los informes sobre cualquier modificación de diseño de las estructuras y obras auxiliares, eventuales situaciones que puedan afectar la seguridad pública y accidentes personales.

- Ubicación de los registros

El Responsable Primario debe mantener toda la documentación y los registros originales permanentes de la obra en un mismo lugar de archivo, ya sea en el sitio de la obra o en sus oficinas centrales, protegidos de daños por cualquier eventual emergencia y disponible para una inspección inmediata. El Responsable Primario deberá informar a la ASEP la ubicación de ese archivo.

Si el archivo de registros originales no estuviera en el sitio de la obra, el Responsable Primario deberá mantener en ese lugar, como mínimo, las copias de referencia de planos de diseño y conforme a obra, datos de instrumentación, observaciones de auscultación e historia de operación que sean necesarios para la operación segura y eficaz de la obra.

Si la obra se traspasara a otro Propietario se deberá transferir íntegro el archivo permanente al nuevo Responsable Primario.

- Creación y mantenimiento de un Archivo Técnico de la presa

A los fines de resolver cualquier incidente o anomalía que pueda ocurrir el Responsable Primario será responsable de crear y mantener en las oficinas de la presa un Archivo Técnico de la misma, que contará, como mínimo, con los siguientes documentos de referencia:

- Memoria Técnica sobre el diseño, construcción y operación inicial del aprovechamiento.
- Manual de mantenimiento de obras civiles.

- Manual de mantenimiento de las instalaciones electromecánicas de las estructuras evacuadoras de las presas.
- Manual de auscultación.
- Manual de inspecciones de las presas, embalses y obras auxiliares.
- Manual sobre líneas de mandos y plan de avisos, alerta y alarma ante emergencias.
- Manual de operación.
- Información geológico – geotécnica obtenida antes y durante la construcción de las obras.
- Conjunto de planos (como fueron construidos) de obras civiles e hidroelectromecánicas.
- Los informes sobre los tratamientos realizados de inyección y drenaje.
- Registros de todos los instrumentos de auscultación de la presa, embalse y obras auxiliares.
- Registros de todos los incidentes y medidas que sobrepasen el carácter de mantenimiento normal.
- Los protocolos, informes y actas de puesta en carga de la presa.

8.3.- Control y limitaciones de los equipos hidroelectromecánicos

8.3.1.- Enumeración y descripción

Los equipos hidroelectromecánicos deben ser revisados en forma rutinaria con el fin de verificar si cumplen con los requerimientos estructurales y operativos para resistir el empuje hidrostático en condiciones normales y extraordinarias y si sus condiciones operativas permiten el manejo del embalse en condiciones normales y en Situación de Emergencia.

El cumplimiento de los requerimientos de seguridad, el control será realizado de acuerdo a lo indicado en el punto 7.4 de esta normativa. Como resultado de las inspecciones previstas en dicho punto se debe concluir cuál es la condición de los equipos y el grado de confianza

que puede tenerse en los mismos para el manejo del embalse en condición normal y Situaciones de Emergencia.

Se enumeran las distintas posibilidades que pueden limitar la confiabilidad de los equipos y las consecuencias que tal limitación puede tener en la calificación de la seguridad de la presa.

8.3.1.1.- Limitación para resistir la carga hidrostática normal

Cuando se hubiera encontrado que un elemento ha sido objetado en alguna de las inspecciones, el Responsable Primario a cargo de la explotación de la presa determinará, por medio de estudios de ingeniería, el grado de vulnerabilidad del elemento y si el mismo se encuentra en condiciones de resistir cargas normales.

Se debe considerar que existe esa limitación cuando se hubiera determinado que un elemento de retención del embalse no se encuentra en condiciones de resistir la carga hidrostática del embalse en el NMON. Ello podrá derivarse de la revisión de la condición estructural en que se encuentra, o la implicancia de los deterioros que hayan sido observados en el mismo, tales como fisuras, deformaciones permanentes por golpes o fatiga, corrosión etc.

En este caso se declarará que el equipo, y por lo tanto la presa, se encuentran en Incumplimiento de la Condición de Seguridad.

Si el elemento de retención vulnerable se encontrara en la parte superior del embalse, tal el caso de compuertas de vertedero, el problema de vulnerabilidad puede eludirse con el manejo del embalse de manera de reducir la carga sobre el mismo. Otra posibilidad, aplicable a este mismo caso o a los elementos ubicados a más profundidad, es desactivarlo como elemento de retención, colocando las ataguías.

En ambos casos se requiere una reducción del embalse para que la presa pueda ser clasificada en Condición de Seguridad Transitoria y poder continuar su operación normal aunque con la restricción mencionada. En este caso se debe mitigar con una Operación Normal Restringida tal que el nivel del embalse no afecte al elemento vulnerable, o que, una vez cerrado su vano con ataguías, la presa mantenga su capacidad de manejo de crecidas extraordinarias con la capacidad de descarga remanente.

8.3.1.2.- Limitación para resistir la carga hidrostática extraordinaria

La condición de resistencia de la carga extraordinaria sobre los elementos de retención del embalse no plantea diferencias significativas respecto del caso anterior. En este caso, si existiera vulnerabilidad en alguno de los equipos en condición extraordinaria, éste y la presa deben ser declarados en Condición de Potencial Vulnerabilidad en Emergencia, sabiendo que existe riesgo de descargas extraordinarias si se diera una Situación de Emergencia.

Lo objetado estructuralmente en las inspecciones puede ser determinante en la vulnerabilidad para la condición de resistencia a la carga hidrostática determinada por un sismo. Este empuje en algunos casos puede resultar sensiblemente incrementado por encima de lo normal, lo que puede afectar seriamente algunos componentes estructurales, sobre todo los comprimidos y susceptibles de pandear, con el consecuente posterior colapso de la estructura por las grandes deformaciones sufridas.

8.3.1.3.- Limitación operativa propia o del equipo auxiliar

En los casos en que las inspecciones hayan determinado que un elemento de retención del embalse cuenta con limitaciones a la operación, por problemas propios o de su equipo auxiliar, debe calificarse al equipo y a la presa en Incumplimiento de la Condición de Seguridad y mitigar el mismo por medio de una operación restringida, o determinar los daños que se producirían en tal condición ante una Situación de Emergencia, admitiendo que dicho elemento no operará.

Si la Situación de Emergencia se presentara por una crecida extraordinaria se deberá verificar con los equipos restantes, si la presa es capaz de sobrellevar la crecida determinada de acuerdo a su categorización por peligrosidad, y si en esas condiciones puede ocurrir el sobrepaso por falta de capacidad de descarga.

8.3.2.- Ensayos operativos

Las limitaciones operativas de los equipos hidroelectromecánicos se establecerán por medio de ensayos operativos.

Estos ensayos consisten en la verificación de la operatividad de los elementos de retención del embalse distintos de aquellos destinados a la explotación (generación, riego o provisión de agua urbana o industrial).

Se requiere que los elementos de retención del embalse se operen una vez por año respetando la siguiente secuencia:

- Se coloquen todas las ataguías disponibles cerrando todos los vanos para los cuales se hayan previsto, exceptuando aquellos que se encuentren en uso por tareas de mantenimiento.
- Se abra completamente cada elemento de retención del embalse cerrado con ataguías. Las ataguías serán utilizados en distintos vanos anualmente de manera que no se repita el cierre de un vano hasta que no se hayan cerrado al menos una vez todos los demás vanos y se reinicie un nuevo ciclo.
- Se abran los elementos restantes, de a uno en un 10% de su carrera, volviéndose a cerrar.

El procedimiento de colocación de las ataguías y de verificación de la operatividad, se deberá realizar teniendo en cuenta lo indicado en el Manual de O&M.

Se debe dejar constancia en el Informe de Inspección que se han realizado los correspondientes ensayos de operatividad, debiendo indicarse en el mismo al menos los siguientes datos:

- Elementos ensayados con carrera total en vacío o carrera parcial con descargas.
- Elementos no ensayados indicando los motivos.
- Elementos cuyo ensayo concluyó exitosamente y aquellos cuyo ensayo evidenció alguna falla.

En el caso que haya fracasado el ensayo de algún/os elemento/s, se deberá establecer que el/los elemento/s fracasado/s no se encuentra/n operable/s, y que por lo tanto la presa debe ser calificada en Incumplimiento de la Condición de Seguridad, debiendo adoptarse las medidas que permitan calificarla en Condición de Seguridad Transitoria y que por lo tanto debe pasar a operar con restricciones.

8.3.3.- Evaluación y cotejo con parámetros de diseño

Durante la ejecución de los ensayos de operatividad se deben realizar las observaciones y mediciones y registrarlas en el Informe de Inspección donde, al menos, se deberá dejar constancia de lo siguiente:

- Descripción de la operación.
- Ruidos, y vibraciones observadas.
- Incremento de pérdidas de aceite durante la operación.
- Valor de la presión de aceite en mecanismos oleohidráulicos para el inicio de la apertura y de mantenimiento del movimiento.
- Capacidad de cierre por gravedad o cierre forzado.
- Cambio de la estanqueidad de los sellos entre antes y después del ensayo.

Lo observado se debe comparar contra los valores y especificaciones de diseño y características dadas por fabricantes de los equipos.

8.3.4.- Recomendaciones de mantenimiento preventivo y/o correctivo

El mantenimiento preventivo y correctivo que fuera necesario se realizará aplicando lo establecido en el Manual de O&M, en el que se habrá incorporado las recomendaciones del fabricante o las que haya emitido el equipo de ingeniería propio o contratado y hayan sido aprobadas por la ASEP, a través de la UTESEP.

Este mantenimiento será el necesario para recuperar la Condición de Seguridad Permanente cuando haya habido inoperabilidad de algún elemento de descarga y no se haya cumplido con la condición de seguridad.

9.- Planificación de las Acciones durante Emergencias (PADE)

La Seguridad de Presas es una actividad destinada fundamentalmente a la protección pública y el cuidado del medio ambiente. En este sentido el Responsable Primario de una presa tiene la responsabilidad legal de desarrollar un Plan de Acción durante Emergencias (PADE). Serán asimismo parte de sus obligaciones la implantación, mantenimiento y actualización del Plan.

El PADE y las instituciones involucradas deben formar parte de un sistema de emergencias, no resultando útil en sí mismo si no es posible salvaguardar la vida y bienes de la población.

Es así que el PADE debe constituir una herramienta para establecer la organización de los recursos humanos y materiales necesarios para el control de los factores de riesgo que puedan comprometer la seguridad de la presa.

Mediante los sistemas de información, alerta y alarma que se establezcan, el Plan debe facilitar la puesta en disposición preventiva de los servicios y recursos que hayan de intervenir para la protección de la población y el medio ambiente circundante en caso de rotura o falla grave de la presa misma, a la vez de posibilitar que la población potencialmente afectada pueda ser debidamente auxiliada por los organismos competentes.

El PADE, en resumen, sirve para identificar las emergencias, proveer los procedimientos para actuar en tales circunstancias y diseñar los diagramas de avisos. Dicho Plan consiste básicamente en:

- buscar aspectos comunes de las posibles situaciones de emergencia y realizar el correspondiente análisis de seguridad.
- delimitar claramente las responsabilidades de intervención para el control de situaciones que puedan implicar riesgos de rotura o falla grave de la presa y establecer la organización adecuada para su desarrollo.
- desarrollar la organización y medios adecuados para poder difundir una estrategia de acción entre los posibles protagonistas de la emergencia para comunicar la información sobre incidentes, la comunicación de alertas y la puesta en funcionamiento, en caso necesario, de los sistemas de alarma que se establezcan.
- identificar grupos afectados, determinar la zona inundable en caso de emergencia hídrica y/o rotura de la presa, indicando los tiempos de propagación de la onda de crecida y alturas del agua y efectuar el correspondiente análisis de riesgos.

El Responsable Primario de una presa debe actualizar permanentemente el PADE, particularmente en lo atinente a cambios de personas o entidades con responsabilidad específica, direcciones, números telefónicos, frecuencias e identificaciones de radio y toda otra información crítica para la eficacia de las acciones previstas. Asimismo se debe actualizar cualquier cambio significativo ocurrido aguas abajo o aguas arriba de la presa que pudiera alterar el área de riesgo o la localización de personas que deben ser alertadas.

Tal actualización debe ser anual, como mínimo, debiendo remitirse a la ASEP quien por medio de la UTESEP gestionará su aprobación.

9.1.- Identificación de las emergencias

Las diversas situaciones de emergencia que pueden presentarse sobre las presas pueden ser identificadas como:

- 1.- Vigilancia reforzada: es cuando se prevén aportes hídricos excepcionales o en caso de movimientos sísmicos con epicentro alejado de la zona de la presa o cuando se detectaron anomalías susceptibles de comprometer la integridad de las obras en un plazo relativamente corto (algunas semanas).
- 2.- Preocupaciones serias: cuando se registran valores anormales en los instrumentos de auscultación o cuando se detecta operación defectuosa de algún dispositivo de evacuación o mala maniobra del mismo durante una situación de emergencia o la aparición de nuevas grietas o desplazamientos en la presa o cuando se registran deslizamientos de laderas en el embalse o en sus proximidades aguas arriba o cuando existen actos de vandalismo o sabotaje o frente a la ocurrencia de sismos que ocasionen daños de diversa consideración, pero acciones de respuesta pueden impedir o mitigar tales circunstancias. Se asume que se dispondría de algún tiempo antes de la falla con escape de agua de la presa.
- 3.- Peligro inminente: la falla de una presa es inminente representando una situación incontrolable conduciendo a una falla, o a una falla actual de la presa con pérdidas de agua del embalse. No se presume que haya tiempo de retardo para la falla o tiempo para evaluar y controlar la situación. Son situaciones que pueden conducir a este peligro: una brecha con erogación incontrolada de agua del embalse; el sobrepaso real o la presunción de que la presa va a ser sobrepasada por una crecida; el progresivo ensanchamiento de grietas con filtraciones incontrolables a través de la presa; una inestabilidad o ciertas filtraciones con caudales crecientes a través de los estribos.
- 4.- Rotura constatada: la falla catastrófica de una presa ha ocurrido. El personal operativo de turno puede advertir una disminución abrupta del nivel del embalse en cuestión o bien ser detectado un aumento inexplicable del nivel del embalse en una presa de aguas abajo.

9.1.1.- Detección de la Anomalía

La detección precoz y evaluación de la(s) situación(es) o hecho(s) determinante(s) que inician o requieren una acción de urgencia son cruciales. El establecimiento de los procedimientos de información fiable y oportuna clasificación de una situación de emergencia es imprescindible para garantizar que la acción más adecuada se basa en la urgencia del caso. Es más conveniente disparar una alerta mientras se confirma la magnitud de la emergencia, que esperar a que esa situación se produzca.

9.1.2.- Tipos de Alerta

La definición de la alerta es el punto de inicio del desarrollo de operaciones para afrontar la emergencia y para su manejo apropiado. Los tipos de alerta son:

ALERTA BLANCA

Causa: Manejo de crecidas con descarga de caudales altos. Se está desarrollando una situación potencialmente peligrosa que implica la necesidad de un manejo controlado del embalse para la evacuación de caudales que puede tener su origen en:

- ✓ Crecidas ordinarias o extraordinarias, que no afecten la seguridad de las obras y que puedan afectar la seguridad pública.
- ✓ Apertura súbita de los dispositivos de alivio.

Efectos: desde la inundación de pequeñas áreas ribereñas con algunos inconvenientes en áreas urbanas por desborde de cauces hasta inundación de importantes áreas rurales y centros urbanos. Los caudales descargados pueden alcanzar la capacidad máxima de evacuación del vertedero. Daños a personas y bienes.

Notificaciones: El Alerta Blanca es declarado por la autoridad competente en el manejo del agua, quien tiene la responsabilidad de notificar la magnitud y evolución de los caudales que transportará el río aguas abajo de la presa a las autoridades locales para que inicien las operaciones previstas para cada caso.

ALERTA VERDE

Causa: Situación de contingencia en una presa con erogación imprevista de caudales. Se está desarrollando un comportamiento anormal o una situación de contingencia en una presa con erogación imprevista de caudales. Se origina en el comportamiento anormal de una presa o estructura componente de la misma, que genera una erogación imprevista de caudales sin configurar una situación que pueda producir la rotura de la presa.

Efectos: erogación imprevista de caudales con gradientes importantes, cuyo desarrollo se aparta de lo prescrito en las normas de manejo de aguas, provocando desde la inundación de pequeñas áreas ribereñas con algunos inconvenientes en áreas urbanas por desborde de cauces hasta la inundación de importantes áreas rurales y centros urbanos. Los caudales descargados pueden alcanzar la capacidad máxima de evacuación de la presa. Daños a personas y bienes.

Notificaciones: El Alerta Verde es declarado por el Responsable Primario, quien es responsable de notificar la magnitud y evolución de los caudales que transportará el río aguas abajo de la presa tanto a los pobladores ubicados en el área cercana de seguridad definida en el Plan de Acción durante Emergencias (PADE), como al DESEP. Además el Responsable Primario notificará a la autoridad competente en el manejo del agua, quien dará aviso y notificará la información recibida a los organismos competentes en la Protección Pública para que coordinen con las autoridades locales para poner en marcha las acciones estipuladas en sus correspondientes planes locales.

Respuesta: al Alerta Verde involucra procedimientos y actividades a desarrollar por personal con responsabilidades asignadas en el PADE. No está en peligro la presa al momento de la observación.

ALERTA AMARILLA

Causa: Situación potencialmente peligrosa de una presa con posibilidad de falla. Situación de contingencia o anomalía con posibilidad de falla de la presa, se dispone de acciones correctivas que pueden impedir la falla de la presa. Las probables causas que la originan pueden ser:

- ✓ Embalse creciendo por sobre el nivel máximo de operación normal y falla en el sistema de operación del dispositivo de alivio.

- ✓ Sismo con epicentro próximo a la zona de obras.
- ✓ Potencial deslizamiento de laderas en el embalse.
- ✓ Principio de desarrollo de falla.
- ✓ Anomalías detectadas por los instrumentos de auscultación internos o externos.
- ✓ Actos significativos de vandalismo o sabotaje.

Efectos: Posible necesidad de vaciamiento parcial o total del embalse, dentro o fuera de las normas de manejo del agua, para efectuar trabajos correctivos tendientes a impedir la rotura de la presa-

Las descargas necesarias serán realizadas por el Responsable Primario bajo la supervisión de la UTESEP. En esta situación pueden ocurrir desde la inundación de pequeñas áreas ribereñas con algunos inconvenientes en áreas urbanas por desborde de cauces hasta la inundación de importantes áreas rurales y centros urbanos. Los caudales descargados pueden alcanzar la capacidad máxima de evacuación de la presa. Daños a personas y bienes. Si la situación de peligro se agrava puede desencadenarse la rotura de la presa pasándose a ALERTA ROJA.

Notificaciones: El Responsable Primario es responsable de notificar de la situación a la UTESEP que declara el Alerta Amarilla y notifica la magnitud y evolución de los caudales que transportará el río aguas abajo de la presa tanto a la autoridad competente en el manejo del agua como a los organismos competentes en la protección pública quienes pondrán en marcha las acciones estipuladas en sus correspondientes planes locales.

Respuesta: en este nivel la presa no ha fallado ni se prevé una falla inminente. Sin embargo existen condiciones que hacen que la estructura sea inestable o las condiciones de operación sean tales que pueden amenazar vidas.

ALERTA ROJA

Causa: La falla, el colapso parcial o total es inminente o ha ocurrido, con pérdida incontrolable de agua del embalse. Es un hecho incontrolable que conduce a la falla. No hay tiempo para evaluar ni controlar la situación.

Las potenciales situaciones que implican este alerta son las siguientes:

- ✓ Brecha o falla en la presa con erogación descontrolada del agua del embalse.
- ✓ Sobrepasso o conocimiento de que la presa será sobrepasada por una crecida.
- ✓ Desarrollo de sumideros en la presa o estribos de la misma.
- ✓ Asentamiento pronunciado del coronamiento o bermas.
- ✓ Embalse creciendo por encima del nivel máximo de operación extraordinaria.

Efectos: vaciamiento súbito del embalse con inundación catastrófica aguas abajo y evacuación de las áreas potencialmente afectadas. Pérdidas de vidas y bienes.

Notificaciones: El Responsable Primario es responsable de notificar de la situación a los pobladores ubicados en el área cercana de seguridad definida en el PADE y a la UTESEP que declara el Alerta Roja y notifica a los organismos competentes en la protección pública quienes avisarán a las autoridades locales y pondrán en marcha las acciones estipuladas en sus correspondientes planes locales.

Respuesta: ante la certeza de que la crecida catastrófica afectará a la población de aguas abajo de la presa, la situación es extremadamente seria y debe iniciarse la evacuación. Se interrumpe la operación, han ocurrido grandes daños estructurales en la presa y sus condiciones físicas se han deteriorado de modo tal que su reparación no es posible.

Para declarar esta Respuesta deben presentarse una o más de las siguientes condiciones de emergencia:

- ✓ las condiciones de operación se tornan una amenaza de vida
- ✓ la presa está en peligro de falla inminente y se ha concluido que la presa fallará
- ✓ la presa ha comenzado a fallar
- ✓ la presa ha fallado.

9.2.- Implementación de un Sistema de Alerta Hidrológico

Para minimizar las consecuencias que, sobre la operación de embalses, pueden ocasionar ciertas crecidas extraordinarias, el Responsable Primario de una presa debe contar con el apoyo de un Sistema de Alerta Hidrológico. La finalidad de las previsiones hidrológicas será el proporcionar, ante la ocurrencia de fenómenos capaces de generar crecidas, la informa-

ción necesaria sobre la situación hidrológica de la zona que puede generar la misma así como la evolución de dicha situación, con el objeto de que puedan adoptarse medidas de manejo del embalse adecuadas. Si ese sistema cuenta con información meteorológica, se podrá anticipar con más tiempo la posibilidad de fenómenos atmosféricos adversos severos que incidirán en la génesis de las crecidas.

En la medida de lo posible, dicha información contemplará los siguientes aspectos:

- Consulta de información meteorológica pública de cualquier origen.
- Precipitaciones registradas en los puntos de control.
- Secuencia de niveles en puntos de control y en embalses.
- Previsión de la secuencia de niveles y caudales erogados, anterior al ingreso de la crecida, en función de las previsiones meteorológicas.
- Previsión de zonas inundables.

9.3.- Estudio de Situaciones de Emergencia

En el PADE se considerarán las descargas producidas por la Operación Normal o por la Operación Extraordinaria derivada de la ocurrencia de los eventos de seguridad de la magnitud asignada con base a la categorización de la presa.

En circunstancias extraordinarias, sea por la presencia de una gran crecida o por otras causas, se seguirán las indicaciones previstas para estas situaciones en el PADE de la presa.

Se analizará y evaluará la incidencia de los caudales evacuados por los embalses de aguas arriba y la laminación que produzcan los mismos.

Se estudiarán los efectos producidos aguas abajo de la presa para diferentes caudales descargados, así como su combinación con distintos valores de caudales circulantes por el cauce procedentes de otros posibles aportes. En los casos que así lo requieran, deberá contemplarse la hipótesis de rotura encadenada de presas.

Se estimará el hidrograma de la onda de crecida y los efectos de su propagación aguas abajo, tanto en niveles como en daños. Los estudios involucrados deberán realizarse de acuerdo al estado del conocimiento en la materia. Las diversas situaciones de emergencia que deben estudiarse se resumen seguidamente.

9.3.1.- Bajo Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias

Este estudio tendrá por objeto la delimitación de las áreas que puedan verse cubiertas por las aguas tras la ocurrencia de descargas por las estructuras hidráulicas de evacuación, tanto ordinarias (causantes de una emergencia) como extraordinarias, a partir de niveles del embalse en MNON ó MNOE, según corresponda.

Se analizarán descargas derivadas de los eventos de seguridad, operadas por los dispositivos de evacuación normales con las modificaciones introducidas para mitigar el Incumplimiento de la Condición de Seguridad (ver 3.3.3) o aquellas producidas en Operación Normal Restringida, debiendo considerarse en tal caso un incremento de las descargas normales por pérdida de capacidad de almacenamiento (ver 3.3.4).

Incluirá el estudio una estimación de los daños que el evento más desfavorable podría ocasionar tanto aguas abajo como aguas arriba.

A su vez se hará la delimitación de la zona potencialmente inundable debida a la propagación de la onda de crecida y se estudiarán además de las zonas de inundación los siguientes parámetros hidráulicos: altura de la lámina de agua, velocidades y los tiempos tanto de llegada de la onda de crecida como aquel en que se produce la máxima altura de agua.

9.3.2.- Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal

Este estudio tendrá por objeto la delimitación de las áreas que puedan verse cubiertas por las aguas tras la ocurrencia del escenario que se conoce como rotura de la presa “con buen tiempo”, es decir se produce el colapso con el embalse en un nivel normal de operación (suele adoptarse el embalse en el nivel MNON). El estudio debe incluir una estimación de los daños que ello podría ocasionar.

La delimitación de la zona potencialmente inundable debida a la propagación de la onda de rotura se establecerá utilizando diversas hipótesis de rotura según las causas potenciales, entre otras: primer llenado del embalse, sismo, falla estructural de los materiales o de la fundación, estableciéndose aquella inundación provocada por la hipótesis más desfavorable. Se estudiarán además de las zonas de inundación los siguientes parámetros hidráulicos: altura de

la lámina de agua, velocidades y los tiempos tanto de llegada de la onda de crecida como aquel en que se produce la máxima altura de agua.

9.3.3.- Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias

Este estudio tendrá por objeto la delimitación de las áreas que puedan verse cubiertas por las aguas tras la ocurrencia del escenario que se conoce como rotura de la presa durante la operación de una crecida tanto ordinaria como extraordinaria, es decir se produce el colapso con el embalse en niveles extraordinarios y sin que la presa sea sobrepasada (suele adoptarse el embalse en el nivel MNOE), debiendo el estudio incluir una estimación de los daños que ello podría ocasionar.

La delimitación de la zona potencialmente inundable debida a la propagación de esta onda de rotura de la presa se establecerá utilizando diversas hipótesis de rotura según las causas potenciales, entre otras: sismos, falla estructural de los materiales o de la fundación, estableciéndose aquella inundación provocada por la hipótesis más desfavorable.

Se estudiarán además de las zonas de inundación los siguientes parámetros hidráulicos: altura de la lámina de agua, velocidades de la onda y los tiempos tanto de llegada de la onda de crecida como aquel en que se produce la máxima altura de agua.

9.3.4.- Por Apertura Súbita de Compuertas

Este estudio tendrá por objeto la delimitación de las áreas que puedan verse cubiertas por las aguas tras la ocurrencia de una súbita apertura de compuertas de alguno de las estructuras hidráulicas de evacuación, incluyendo una estimación de los daños que ello podría ocasionar tanto aguas abajo como aguas arriba.

Se hará la delimitación de la zona potencialmente inundable debida a la propagación de la onda de crecida y se estudiarán además de las zonas de inundación los siguientes parámetros hidráulicos: altura de la lámina de agua, velocidades y los tiempos tanto de llegada de la onda de crecida como aquel en que se produce la máxima altura de agua.

9.3.5.- Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga

Este estudio tendrá por objeto la delimitación de las áreas que puedan verse cubiertas por las aguas tras la ocurrencia de una falla de las estructuras hidráulicas de descarga, incluyendo una estimación de los daños que ello podría ocasionar aguas abajo.

Se hará la delimitación de la zona potencialmente inundable debida a la propagación de la onda de crecida y se estudiarán además de las zonas de inundación los siguientes parámetros hidráulicos: altura de la lámina de agua, velocidades y los tiempos tanto de llegada de la onda de crecida como aquel en que se produce la máxima altura de agua.

9.3.6.- Por Vaciado Controlado ó Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa

Este estudio tendrá por objeto la delimitación de las áreas que puedan verse cubiertas por las aguas tras la ocurrencia de un vaciado controlado o vaciado rápido del embalse por alguna circunstancia adversa en el funcionamiento de la presa, incluyendo una estimación de los daños que ello podría ocasionar aguas abajo.

Se hará la delimitación de la zona potencialmente inundable debida a la propagación de la onda de crecida debida a incumplimiento de la condición de seguridad, por causas potenciales entre otras: valores muy anormales en los instrumentos de auscultación, aparición de grietas, desplazamientos en la presa.

Se estudiarán además de las zonas de inundación los siguientes parámetros hidráulicos: altura de la lámina de agua, velocidades y los tiempos tanto de llegada de la onda de crecida como aquel en que se produce la máxima altura de agua.

9.4.- Estudio de Afectación de Ribera de Embalse y Valle

El diseño de la seguridad, tanto aguas abajo de la obra como en el área inundada por el nivel máximo de condición de emergencia (NMCE), incluye estudios para determinar las superficies que serán inundadas durante la ocurrencia de la crecida de diseño y eventos de rotura de la presa.

Tales estudios permitirán determinar la necesidad de adquisición de las tierras involucradas, elaboración de programas de manejo de la planicie de inundación y otros programas tendientes a reducir daños por los efectos mencionados. La información debe ser desarrollada

y documentada adecuadamente para liberar los usos de las tierras que carecen de riesgos de inundación. Similares estudios caben dentro del área del vaso del embalse.

Se deberán considerar la afectación de los escenarios siguientes:

- a) Por la ocurrencia de diferentes ondas de crecida. El estudio de la traslación de las ondas de crecida deberá formar parte del PADE. El mismo deberá identificar y describir brevemente los métodos empleados para simular el traslado de la onda y las hipótesis seleccionadas para identificar las posibles áreas inundadas.

Deberá estudiarse el traslado del hidrograma causado por la hipotética rotura de la presa, como así también los correspondientes a crecidas de distintas recurrencias que serán establecidas por la UTESEP.

Son varios los factores que deberán ser evaluados cuando se analiza la hipótesis de rotura de presa. El tipo de presa y el mecanismo de falla que causa la rotura deben ser cuidadosamente analizados de forma tal que la “brecha” que se forma alcance dimensiones reales.

El tipo de presa y el mecanismo que podría causar rotura requieren un examen cuidadoso a fin de asumir una hipótesis realista. El tamaño y la forma de la brecha, el tiempo de formación de brecha, así como el volumen almacenado en el embalse puede contribuir con el hidrograma correspondiente a la rotura de presa. La mayoría de los métodos de estimación de hidrogramas generado por la rotura de la presa requieren el tamaño, la forma y la duración de la rotura propiamente dicha.

También hay varios procedimientos disponibles para la simulación del traslado del hidrograma que genera la rotura de la presa para determinar las zonas inundadas por la onda que viaja río abajo. Este análisis deberá realizarse bajo los lineamientos expuestos en el Apéndice G.

Debe analizarse varias hipótesis sobre las condiciones climáticas al momento de producirse la rotura de la presa, para asegurar que el PADE incluya a todas las poblaciones aguas abajo que deban ser notificadas. La condición “rotura con buen tiempo” (embalse nivel máximo de operación normal y caudal ingresante en condiciones normales, sin crecidas) es generalmente la hipótesis de rotura que tienen el mayor potencial para la pérdida de vidas humanas, debido principalmente al elemento de sorpresa.

La falla de una presa durante el registro de una crecida, tendrá como consecuencia inundaciones aguas abajo, en zonas más altas que durante una rotura “con buen tiempo”. El resultado podría ser que más poblaciones y áreas sean afectadas, que no se afectarían durante la rotura “con buen tiempo”. Además, los organismos de gestión de emergencia deberán utilizar los mapas de inundación para desarrollar sus procedimientos de evacuación. Para ayudar a estos organismos, deben ser analizadas tanto en la hipótesis de rotura “con buen tiempo” y la correspondiente a la rotura ante el registro de una crecida extraordinaria. Si las zonas inundadas por la hipótesis de rotura “con buen tiempo” y la rotura ante el registro de una crecida extraordinaria son esencialmente las mismas o están demasiado cerca para ser mostradas por separado en los mapas de inundación, entonces se incluirá en los citados mapas sola una zona de inundación de los dos hipótesis mencionadas.

Por otra parte, tanto para la hipótesis de rotura con buen tiempo y la rotura ante el registro de una crecida extraordinaria, las áreas inundadas deben quedar claramente demostradas en el mapa, dado que las agencias de manejo de la emergencia deberán dar aviso y asesorar a los demás organismos intervinientes, que dependen de los mapas para realizar la evacuación y, por consiguiente, la necesidad los límites correspondientes a las dos hipótesis para realizar el trabajo apropiado.

Muchos métodos han sido desarrollos para el estudio de la rotura de la presa y el traslado del hidrograma hacia aguas abajo. El Apéndice G indica los lineamientos generales, métodos y software recomendados para aplicar en este caso.

Se recomienda realizar análisis de sensibilidad a fin de investigar a fondo el efecto de la rotura de una presa en las zonas ubicadas aguas abajo de la misma.

Se deberá considerar el “efecto dominó” en caso de existir un sistema de presas sobre el río. La inundación causada por la onda generada por la rotura de la presa deberá ser analizada hasta el punto en que ya no presenta un peligro para la vida o la propiedad, que incluye las presas aguas abajo.

Todo lo mencionado para hidrogramas de rotura de presa, deberá extenderse a hidrogramas generados por la operación de crecidas ordinarias y extraordinarias que deberá definir el Responsable Primario.

- b) Por Remanso Hidráulico. En caso de que exista la posibilidad de que una onda de crecida del río genere variaciones en el nivel de embalse, no sólo en el tiempo y a medida que ingresa el volumen de la misma, sino que para un mismo tiempo se puede verificar la existencia de distintos niveles de embalse, el Responsable Primario deberá realizar los estudios correspondientes de ingreso del hidrograma de la crecida y determinar las áreas que podrían verse afectadas por esta situación.
- c) Por probables usos de las estructuras de evacuación. La relación entre los niveles de embalse y la probabilidad de colmatación del mismo, podría variar durante la vida útil, e incluso, durante la construcción de la presa. El uso de los vertederos, estructuras hidráulicas para realizar descargas de fondo y otras estructuras de evacuación, podrá ser más frecuente que lo previsto. La modificación en el uso de estructuras hidráulicas de alivio no deberá producir mayores afectaciones aguas abajo que las originalmente previstas. Del mismo modo, esta variación no deberá afectar las márgenes del lago que formará la presa.
- d) Por cambios en las funciones de la presa. Variaciones en las demandas de agua, tanto en la cuenca de aporte como aguas abajo, y la correspondiente variación en los niveles de embalse podrán ajustarse a fin de mantener la capacidad de almacenamiento y provisión para usos consuntivos aguas abajo. Estos cambios suelen aumentar la utilización del vertedero y otras estructuras de evacuación, y deben ser tenidas en cuenta en las Normas de Operación de la Presa. Por el lado del embalse, la modificación de las franjas de operación asociadas a variaciones en la demanda de agua, no deberá alterar la afectación inicialmente prevista de las márgenes del lago que formará la presa.
- e) Por transporte de sedimentos. La disponibilidad de material erosionable aguas abajo de una presa podría intensificar el peligro potencial de erosión general. Dichos sedimentos pueden ser transportados a zonas ubicadas aguas abajo, las que podrán verse afectadas negativamente. Una erosión extrema puede dar lugar a alta velocidad y turbulencia, por lo que esta situación debe ser evaluada.
- f) Por inundación súbita. Las pequeñas presas tienen, por lo general, poco tiempo disponible para advertir a los habitantes aguas abajo sobre el paso de una crecida. La capacidad de persuadir a las personas a que abandonen la mayor parte de sus po-

sesiones frente a una inundación puede ser muy limitada. Las presas de este tipo deberán incluir en el PADE esta problemática.

Los mapas de inundación que se elaboren deben contener el contorno de la inundación máxima que producirían los posibles escenarios de emergencia considerados en el PADE. Asimismo deben incluir, para las secciones con localizaciones claves, los siguientes datos para cada localidad, como mínimo: niveles máximos que alcanzaría el agua, tiempo de arribo de la onda de crecida, tiempo para alcanzar el nivel máximo.

Estos mapas, confeccionados en escala adecuada, figurarán como documentos anexos al PADE. Los mismos son necesarios fundamentalmente para el desarrollo por parte de autoridades municipales o provinciales de los planes de evacuación.

Dado que la presencia de una presa genera un riesgo originado por su eventual falla o cuanto menos constituye un obstáculo que modifica el escurrimiento normal de una crecida, los mapas deben confeccionarse utilizando la información más actualizada que sea posible disponer en el momento de su elaboración.

Cualquier modificación significativa que se produzca en la planicie de inundación deberá ser considerada por el Responsable Primario de una presa o embalse e incorporada a la simulación para el cálculo. Los cambios que se originen en los mapas de inundación deberán ser comunicados a las autoridades competentes.

9.5.- Vinculación con el Sistema de Protección Civil. Planes de evacuación

Deberán trabajar en forma coordinada las autoridades de las poblaciones próximas, tanto aguas abajo como aguas arriba de la presa, entre las que se deberá incluir a representantes del Estado, policía, bomberos, organizaciones no gubernamentales, radioaficionados y escuelas, entre otras. Entre dichas instituciones se deberá definir:

- Estrategia de Imagen y Comunicación.
- Identificación, gestión y firma de acuerdos con interlocutores válidos en las organizaciones de defensa civil. Protocolos de avisos.
- Lista de contactos. Diagrama de avisos para cada categoría de emergencia. Códigos. Validación.

- Sistema de mantenimiento de información actualizada de contactos. Responsabilidad de los funcionarios para el mantenimiento de la documentación técnica entregada.

9.6.- Diseño del Diagrama de Avisos

El Diagrama de Avisos constituye una representación gráfica de los procedimientos previstos, sintetizando claramente los esquemas de comunicación para cada condición de emergencia considerada. Estos diagramas deben indicar, con el orden o jerarquía prevista, las personas que serán avisadas, los cargos que ocupan, sus alternos y los medios de comunicación principales y alternativos.

9.7.- Procedimiento para Declarar la Emergencia

La detección precoz y evaluación de la situación o hecho determinante que inicia o requiere una acción de urgencia, son cruciales. Se establecerán procedimientos en base a información confiable y para permitir una oportuna clasificación de emergencia en situación de emergencia para garantizar que la actuación más adecuada de acuerdo a la urgencia de la situación. En situaciones de emergencia se deberá activar el PADE, confirmando la emergencia o esperando a que tal situación se produzca.

El procedimiento para declarar la emergencia será un punto determinante y formará parte del Plan. Este procedimiento involucrará desde el personal a cargo de la operación de la presa, personal jerárquico del Responsable Primario, como así también de la ASEP. Los roles de cada uno de las personas intervinientes para proceder a notificar el registro de distintos eventos deberá expresarse con total claridad en el Plan de Acción.

9.8.- Procedimiento Para el Manejo de la Emergencia

Las medidas que han de tomarse dependerán de la naturaleza del problema y el tiempo estimado que estará disponible para llevar adelante medidas correctivas o de mitigación. En la medida que el tiempo lo permita, una o más de las siguientes acciones deberán ser llevadas adelante:

- ✓ Notificación al Personal de Supervisión. Esto es esencial, si el tiempo lo permite, ya que el desarrollo de la falla puede variar en algunos o muchos aspectos de las

anteriores previsiones o hipótesis, y el asesoramiento del personal de supervisión puede ser vital.

- ✓ Iniciación de medidas correctivas. Es imprescindible que al menos una persona técnicamente calificada, previamente capacitados en la detección y evaluación del problema, y la adopción de medidas correctivas, esté al frente de la situación en todo momento. Dependiendo de la naturaleza y gravedad del problema y el tiempo disponible, las medidas de emergencia pueden ser iniciadas, como la reducción del volumen del embalse y la acumulación de agua en los embalses ubicados aguas arriba. Otras acciones a ser tomadas incluyen la notificación apropiada a responsables de carreteras y funcionarios de control del tráfico.
- ✓ Determinación de la necesidad de notificación pública. En la medida de lo posible, las situaciones de emergencia que requieran una intervención inmediata serán notificadas a los funcionarios públicos con el tiempo suficiente para permitir la evacuación de la zona que pueda verse. Si la falla es inminente o ya se ha producido, el personal responsable en el sitio de presa se encargará de realizar la notificación directa de los funcionarios públicos. La urgencia de la situación debe quedar en claro para que los funcionarios públicos adopten medidas de acción inmediatamente.

9.9.- Simulacros de emergencia

Las actuaciones previstas en el PADE se ensayarán periódicamente mediante ejercicios de simulación con el fin de que el equipo de explotación adquiera los adecuados hábitos de comportamiento. Se busca con ello una actualización del Plan, la capacitación de todos los actores involucrados y la ejercitación misma con el objetivo de asegurar que tanto el documento como la preparación de las partes involucradas sean adecuados.

Para ello se simulará la ocurrencia de Situaciones de Emergencia para eventos de crecidas o sismos dentro de los cuales se debe poner a prueba la operatividad de los equipos (para apertura o cierre, tales como vertederos y otras estructuras hidráulicas de descarga) y del personal responsable de la operación de la presa.

La definición de cada ejercitación debe incluir como mínimo:

- Nivel de dificultad planteado.

- Objetivos buscados.
- Personal al que va dirigido.
- Descripción de la falla simulada.
- Desarrollo detallado del ejercicio.

Los niveles más bajos de ejercitaciones consisten en la verificación de los sistemas de comunicaciones, los números telefónicos, nombres y cargos de los responsables en la cadena de avisos.

Los niveles subsiguientes de las ejercitaciones pueden variar desde seminarios en los que se discutan las acciones a seguir en caso de una emergencia, siguiendo con ejercicios de gabinete, hasta la simulación a escala real de una emergencia. La meta u objetivo final de la ejercitación realizada en la presa, es la integración del dueño u operador y su personal a simulacros de mayor envergadura que puedan organizar las autoridades de defensa civil involucradas en la emergencia.

En los casos en que exista la amenaza de una rotura que pueda afectar a otras presas (con efecto dominó) o en la que se pueda requerir la coordinación de acciones (por ejemplo coordinación de caudales) con los dueños u operadores de otras presas, estas acciones deben ser parte de los programas de ejercitación.

Los programas de ejercitación deben ser diseñados de manera que contengan un grado creciente de realismo. No debe realizarse un nivel de ejercitación si no se han comprendido las consignas y procedimientos del anterior.

Las ejercitaciones pueden incluir múltiples fallas. En cada ejercitación debe plantearse un escenario de emergencia diferente.

Cada ejercicio debe comprender un análisis detallado de la falla simulada, la forma en que se presenta, los tiempos en que se produce cada evento, las consecuencias que pueden seguir a cada decisión adoptada.

Al diagramar las ejercitaciones se debe tener en cuenta que las mismas no deben constituir un examen para el personal participante sino la preparación para una acción posible que encierra una gran responsabilidad.

Al término de cada ejercitación, el Responsable Primario de la presa o embalse debe presentar a la autoridad competente un Informe Final en el que especifique:

- Descripción del ejercicio planteado.
- Desarrollo del ejercicio.
- Objetivos buscados con el ejercicio.
- Grado de preparación individual del personal.
- Nivel de coordinación entre el personal y con terceros.
- Dificultades presentadas.
- Problemas de los sistemas de comunicación.
- Adecuación de los medios materiales disponibles.
- Grado de cumplimiento de los objetivos buscados con el ejercicio.
- Fallas del PADE y modificaciones propuestas para la siguiente actualización.

Se verificará la efectividad y funcionamiento de sensores automáticos disparándolos manualmente, o bien simulando y dando la alarma en forma verbal.

Además debe verificarse como se manejarán los equipos (para apertura o cierre, tales como vertederos y otras estructuras hidráulicas de descarga) ante alguna de las siguientes posibilidades de Situación de Emergencia en el simulacro:

- Operación del embalse en Situación de Emergencia para el caso de crecida extraordinaria, alertada y verificada a partir del conocimiento del pronóstico con suficiente antelación.
- Alarma y manejo automático de la Situación de Emergencia por rotura de otra presa aguas arriba.
- Cierre automático de los equipos de operación en caso de sismos.
- Apertura automática de elementos de operación del embalse (a anular de inmediato dado que se trata de un simulacro).
- Puesta a salvo del personal de operación de la presa.
- Comunicación de la Situación de Emergencia a las autoridades con jurisdicción aguas abajo de la presa indicando que tipo de emergencia se ha producido, constatando que se desarrolle el operativo de emergencia a cargo de otras Autoridades.

- Verificación que las autoridades mencionadas se encuentren en condiciones de asociar la emergencia con los potenciales efectos determinados en el PADE. Debe verificarse, en principio si las autoridades disponen de un ejemplar del PADE, si alguien lo ha estudiado, si se ha instrumentado su aplicación, y si se han previsto las medidas de mitigación necesarias.

Por otra parte el personal de operación debe contar con las condiciones para operar la emergencia en forma segura para lo cual se considera que es necesario que el mismo cuente con lo siguiente:

- Lugar seguro para la operación de la presa en emergencia.
- Distintos tipos de sistemas de comunicación.
- Generación eléctrica o baterías de emergencia (grupo electrógeno, combustible y nivel de carga de baterías).
- Movilidad propia a salvo de la emergencia, con reserva de combustible.
- Agua, alimentos y abrigo.

10.- CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONANTES PARA EL ABANDONO DE UNA PRESA

10.1.- Marco de referencia

Cuando una presa deja de proveer las funciones vitales para la sociedad para las cuales fue construida, deberá considerarse la posibilidad que pueda ser abandonada. Entre otras, por razones de seguridad estructural y ambiental, de restauración de la zona de ubicación y del ecosistema, o por razones legales y financieras.

La perspectiva de durabilidad de los materiales de construcción, que influyen directamente en la vida útil de una presa, así como el rendimiento económico son argumentos importantes en esta determinación.

Las alternativas de desmantelamiento de una presa son variadas según las causas y fines que la provocan. Desde la anulación de una central de generación, pasando por la remoción de parte de las estructuras del cierre, hasta la remoción total de todas sus estructuras asociadas.

10.2.- Responsable de una presa fuera de servicio

Cuando se solicite el abandono de una presa dentro del período de concesión, el Responsable Primario será el encargado de todas las tareas a encarar y aportará los fondos respectivos para el mantenimiento y control posterior de las estructuras remanentes, hasta el vencimiento de su concesión

10.3.- Autorización de abandono operativo de una obra

Una presa no podrá ser nunca abandonada sin la aprobación previa de un programa detallado de la puesta fuera de servicio y de desmantelamiento, parcial o total, por parte de la ASEP (a través de la UTESEP).

A partir del pedido de la puesta fuera de servicio y desmantelamiento, parcial o total, las responsabilidades técnicas y financieras relativas a la seguridad de las obras que quedan en el sitio serán definidas de manera contractual y sin ambigüedad, y estarán a cargo del Responsable Primario.

Este programa deberá contemplar, entre otros, los siguientes aspectos:

- Verificación de que las obras que permanezcan no serán sometidas a cargas o combinación de cargas no previstas en el proyecto inicial.
- Análisis de estabilidad estático-dinámico de las obras que permanezcan en el sitio.
- Conclusiones y recomendaciones que surjan de los estudios detallados de las consecuencias hidrológicas e hidráulicas resultantes del abandono de la obra.
- Detalles del embalse resultante de la nueva configuración de las estructuras, el manejo de las crecidas, los efectos de las crecidas y estiajes en el valle aguas abajo, y los nuevos riesgos que puedan aparecer por consecuencia del aumento del arrastre de sedimentos resultantes de la colmatación del embalse.
- Consecuencias eventuales que el abandono de una presa pueda provocar sobre otras presas aguas abajo. Estas consecuencias se deberán analizar conjuntamente con los Responsables Primarios de las mismas, en especial se deberá analizar la seguridad en períodos de alerta.

Como medida general de seguridad en una obra de estas características, deberá preverse medidas que prohíban el acceso a la misma del público en general.

Conforme a la Condición de Seguridad en la que la obra quede a partir del abandono operativo, el Responsable Primario deberá preparar y presentar a la ASEP (UTESEP) para su consideración, un PADE actualizado y/o ajustado a la nueva situación de la presa.

Hasta tanto la puesta fuera de servicio no haya sido acordada formalmente, el Responsable Primario deberá mantener las medidas de seguridad de explotación de la presa, mismo si ya se ha vaciado parcial o totalmente el embalse.

10.4.- Programa de controles durante el abandono operativo de una presa

Una presa no podrá ser abandonada, con desmantelamiento, parcial o total, sin la aprobación previa de la ASEP (UTESEP) de un programa detallado de los trabajos de demolición, parcial o total, de las diferentes estructuras que componen el cierre.

Las responsabilidades técnicas y financieras relativas a la seguridad de estos trabajos serán definidas de manera contractual, sin ambigüedad y estarán a cargo del Responsable Primario.

Los trabajos de demolición de la presa o de alguna de sus partes constitutivas no podrán comenzar antes del vaciado completo del embalse, a menos que disposiciones especiales impidan este vaciado. En este caso la demolición no debe afectar la seguridad de las obras de retención de este embalse parcial. A medida que avance la demolición bajará el nivel del embalse hasta su vaciado completo.

Los trabajos de demolición se ejecutarán según prácticas seguras y sin daño ni peligro para las estructuras que queden sin remover.

En ningún caso ni circunstancia los trabajos de demolición perturbarán el libre pasaje de las crecidas naturales.

Se deberá verificar la estabilidad estático-dinámica de las obras restantes teniendo en cuenta los fenómenos de descalce, erosión o de deterioro de las fundaciones de las estructuras remanentes.

Se eliminarán completamente las estructuras de la presa y obras anexas que pudieran molestar el escurrimiento natural del río para toda la gama de caudales hasta la crecida máxima esperable.

No se restablecerán las obstrucciones naturales existentes en el lecho antes de la construcción de la presa.

Se tendrá en cuenta, en el estudio de consecuencias originadas por la demolición de una obra, la influencia de la eliminación del amortiguamiento de crecidas que ejercía la presa. El pico de crecida puede aumentar en volumen y duración, así como sus perjuicios aguas abajo de la presa removida.

Se verificará la suficiencia y eficacia de los dispositivos de alerta de crecidas considerando las consecuencias de la eliminación de la presa y su embalse.

10.5.- Manejo de sedimentos

El arrastre de sedimentos hasta el embalse depende de nueve variables a saber:

- Lámina total e intensidad de las precipitaciones.
- Tipo de suelos y características geológicas.
- Cobertura vegetal del suelo.
- Usos del suelo.
- Geomorfología.
- Mecanismos de erosión.
- Escorrentía.
- Características del sedimento.
- Características hidráulicas del cauce.

Según la ubicación de la presa, alguno de los factores mencionados tienen mayor influencia y algunos pueden ser inexistentes.

El caudal que escurre en un río provee un continuo suministro de sedimentos, que son depositados en los embalses. Debido a las bajas velocidades del agua en los mismos, éstos se convierten en trampas de sedimentos.

El manejo de los sedimentos en un embalse es a menudo un importante punto en la problemática relacionada con el desmantelamiento de una presa. La erosión de sedimentos depositados en el embalse durante su operación, el transporte y deposición de los mismos,

aguas abajo de la presa a abandonar, es uno de los efectos físicos más importante a solucionar.

Los sedimentos representan un impacto importante en el desmantelamiento, tanto aguas arriba como aguas abajo del embalse, así como en el lecho del río. Dependiendo de las condiciones locales y la alternativa de desmantelamiento, el grado de impacto puede variar significativamente.

La capacidad de retiro de los sedimentos en el embalse, utilizando el caudal de desagote, depende de cómo fluyen estos caudales. Si la presa tiene una alta capacidad de evacuación a través de descargadores de fondo, o túnel de desvío, con relación al volumen de sedimentos, el embalse puede vaciarse y el desmantelamiento de la presa se puede realizar en condiciones secas. Por el contrario, si las dimensiones de los elementos de evacuación son reducidas en relación a este volumen, buena parte de los sedimentos quedarán en el embalse.

El desarrollo de un plan de manejo de sedimentos para el desmantelamiento de una presa requiere consideraciones concurrentes de ingeniería y medio ambiente. Las alternativas de manejo de sedimentos pueden agruparse en cuatro grandes categorías.

- Ninguna acción. Dejar los sedimentos en el lugar. Si la capacidad de almacenamiento del embalse no está completa puede continuar almacenándolos y reduciendo el aporte aguas abajo.
- Erosión de los sedimentos acumulados en el embalse realizada por el río, como un proceso natural.
- Remoción mecánica. Remover los sedimentos del embalse por medio de métodos hidráulicos o mecánicos, por drenaje o excavación convencional, almacenándolos en un depósito definitivo y apropiado.

10.6.- Programa de seguridad de una obra desmantelada

Para el abandono de una presa, el Responsable Primario preparará un programa de seguridad donde propondrá acciones para tales fines. Este plan deberá prever, entre otros, estos aspectos:

- Incluir secuencia cronológica de los estudios y trabajos asociados con el desmantelamiento, parcial o total.

- Abordar todas las cuestiones asociadas con la seguridad del desmantelamiento, incluyendo:
 - ✓ Seguridad para la salida del agua almacenada.
 - ✓ Revisión de características hidráulicas alteradas de vertedero y obras de alivio.
 - ✓ Previsión para minimizar el impacto en los residentes aguas abajo.
 - ✓ Previsión para consultas con los residentes aguas abajo.

El Responsable Primario deberá realizar los estudios de operación de las crecidas en condición de abandono y presentarlos a la ASEP para su consideración. En los mismos se deberá probar la aptitud del vertedero en condición de abandono, o la posibilidad de un adecuado pasaje de las crecidas a lo largo del curso de agua determinado por una remoción parcial de la presa.

Se deberá considerar que el vertedero, una vez abandonada la presa, deberá operar permanentemente escurriendo el caudal normal del río, por lo cual tendrá un factor de utilización previsiblemente mayor al de diseño, y mayor aporte sólido respecto del que tuvo durante su vida útil, lo que puede provocar su erosión y salida de servicio.

El Responsable Primario notificará a la ASEP las disposiciones que adoptará para que, en caso de producirse crecidas posteriores, se minimicen los daños aguas abajo que pudieran causar la operación o el colapso de la porción remanente de la presa. Esta situación cobra importancia dado que el valle aguas abajo de la presa se mantuvo protegido contra las crecidas durante la vida útil de la obra misma, y que, luego del abandono, tal protección se pierde.

En adición a los puntos sobre seguridad de presas, deben considerarse otros como los ambientales, económicos y sociales.

Adicionalmente el plan deberá prever:

- La vigilancia del sitio. Salvo en el caso de demolición completa del conjunto de estructuras, la vigilancia debe seguirse posteriormente al abandono de la presa.
- Las estructuras remanentes deberán inspeccionarse por lo menos cada cinco años a fin de detectar anomalías por la degradación de materiales, el deterioro y calidad de las fundaciones etc. Esta inspección debe realizarse con las condiciones establecidas anteriormente en este documento para las obras en operación.

- Si la inspección concluye con resultados negativos en cuanto a la seguridad, se deberá proceder al desmantelamiento de las estructuras remanentes antes que a su reparación.

10.7.- Documentación de una obra abandonada

Los resultados de las inspecciones de las obras, así como los protocolos de control que el Responsable Primario realizará sobre una obra abandonada serán enviados a la ASEP (UTESEP) para su evaluación.

Todos los documentos relativos a la presa deberán archivarse cuidadosamente hasta el desmantelamiento completo de todo vestigio de la presa.

APENDICES

APENDICE A

GLOSARIO

ABANDONO DE UNA PRESA: Se refiere a una presa que ya ha alcanzado el fin de su vida productiva o requiere trabajos de rehabilitación, (tanto de las obras que posibilitan su operación como de las necesarias para recobrar condiciones de seguridad), que la explotación de las mismas se vuelve antieconómica y/o insegura.

AFECTADO: Víctima de la inundación que requiere apoyo limitado para recuperarse de los daños producidos por el desastre, por un menor grado de necesidades básicas insatisfechas a causa de éste, con respecto al damnificado.

ALARMA: Es un aviso o señal por el cual se informa a la comunidad para que sigan instrucciones específicas de emergencia debido a la presencia real o inminente de una amenaza de inundación.

ALERTA POR INUNDACION: Es el período anterior a la ocurrencia del evento, declarado con el fin de tomar precauciones específicas, debido a la probable y cercana ocurrencia de una crecida ordinaria o extraordinaria de un río.

AMENAZA: Factor externo a una comunidad expuesta, representado por la potencial ocurrencia de una inundación u otro fenómeno desencadenante, el cual puede producir un desastre al manifestarse.

AMPLIACION: Cualquier cambio o agregado a una presa o embalse existente, que eleve o pueda permitir la sobre elevación de la cota del nivel del agua embalsada por la presa.

ANÁLISIS DE RIESGO (Risk Assessment) es el proceso total, abarcando la consideración de todos los costos y beneficios, incluyendo la identificación de riesgos y de la probabilidad de la ocurrencia, y la comparación de éstos con los niveles de riesgo aceptable o los criterios para asistir en la evaluación de estrategias para reducción del riesgo.

ÁREA ANEGABLE: La parte de tierra inundable por anegamiento durante períodos que, cada vez, excedan de una semana.

ÁREAS INUNDABLES. ZONAS DE RIESGO: Las partes de terreno contiguas a un cuerpo de agua o a un río, externas a la línea de ribera fluvial, lacustre o marítima, incluidas sus respectivas zona de servicio y vía de evacuación de inundaciones, que el agua de aquellos puede ocupar en ocasión de inundaciones por desborde producidas por crecidas de recurrencia pronosticable ó de la máxima crecida registrada si fuere mayor. De existir obras hidráulicas en la cuenca, se deberá considerar las crecidas resultantes de operaciones críticas, sean éstas inducidas por la operación del embalse o por fallas, y aún colapsos.

CANAL: La hendidura en el terreno excavada por acción humana, usada para conducir agua a cielo abierto.

CATASTROFE: Es un desastre ampliado. La diferencia con el desastre radica en que el impacto de una catástrofe tiene un alcance territorial mayor, con mayores consecuencias negativas. En una catástrofe, además, suelen agotarse las capacidades de preparación y respuesta frente la emergencia.

CAUCE ABANDONADO: El lecho que anteriormente ocupó un río o lago cuyas aguas, por causas naturales, corren o yacen definitivamente por o en otro lugar.

CAUCE ALTERADO: La parte del lecho que anteriormente ocupó un río o lago, de la que se han retirado definitivamente las aguas por aluvión o avulsión naturales para ocupar o correr por la otra ribera.

CAUDAL BASICO Es un determinado caudal de inundación asociado a una dada frecuencia usado para elaborar regulaciones. Algunos países han adoptado la "crecida de 100 años o centenaria" como el caudal básico para indicar el nivel mínimo de inundación que deberá ser utilizado por una comunidad en sus regulaciones de control de manejo de las áreas de inundación.

COLAPSO DE UNA PRESA: Falla catastrófica de una presa en la que la falla se caracteriza por suceder de forma repentina y rápida, con liberación incontrolada de agua almacenada o la probabilidad de que tal liberación no controlada ocurra. Asimismo, se incluye dentro de la definición a las presas que presentan cualquier anomalía o mal funcionamiento fuera de los parámetros y las hipótesis de diseño, que inciden negativamente en una presa, de forma tal que puede conducir progresivamente a aumentar el riesgo y finalizar en un fracaso catastrófico, siendo sin embargo, normalmente susceptibles de medidas correctivas.

CRECIDA CENTENARIA (RECURRENCIA 100 AÑOS): Término usualmente utilizado para referirse al uno por ciento anual de posibilidades de inundación. Las inundaciones provocadas por dichos eventos son aquellas que resultan igualadas o excedidas, en promedio, una vez en 100 años. El término no debe tomarse literalmente ya que, por ser eventos naturales, no hay garantía de que este tipo de inundaciones ocurra una o más veces dentro del período de 100 años.

CRECIDA EXTRAORDINARIA: Caso fortuito, que eventualmente afecta a los terrenos del dominio privado al ser superado el nivel del agua de un río o arroyo que define el límite normal del dominio público hidráulico.

CRECIDA MÁXIMA ANUAL MEDIA: Aquella cuyo pico surge de promediar los máximos caudales históricos ocurridos en cada año, siempre que existan registros confiables durante un lapso de tiempo considerado suficiente; en todo otro caso se determina conforme criterios hidrológicos, hidráulicos, geomorfológicos, estadísticos y demás que sean coherentes con las reglas del arte en el momento del correspondiente análisis.

CRECIDA ORDINARIA: Es la que queda comprendida dentro del cauce de un río o arroyo, al no superar el nivel que define el límite normal del dominio público hidráulico.

CUERPOS DE AGUA: El mar territorial, los lagos y los humedales naturales o artificiales.

DAMNIFICADO: Víctima que no sufrió ninguna lesión en su cuerpo, pero perdió la estructura de soporte de sus necesidades básicas, como vivienda, medio de subsistencia, etc.

DAÑO: Detrimento o destrucción de los bienes de los habitantes, la comunidad, etc.

DESASTRE: Es un acontecimiento súbito e inesperado, de carácter violento, concentrado en el tiempo y en el espacio, en el que una comunidad corre un grave peligro y sufre un número variable de víctimas al verse superada la capacidad de atención con los recursos habituales de organización, además de sufrir pérdidas de sus pertenencias físicas e impedir el cumplimiento de todas o de algunas de las funciones esenciales de esa comunidad por haber causado alteraciones intensas en los servicios y el medio ambiente. Es el momento en el que el riesgo se devela, actualizándose.

DIQUES LATERALES O MARGINALES (levees): Terraplenes de contención paralelos al cauce de un río o arroyo que sobreelevan las márgenes para evitar los desbordes laterales; en general, la mayoría de los beneficios derivan en la protección de caminos paralelos a los cursos o tierras agrícolas de gran valor productivo.

DOMINIO PRIVADO: Es el derecho real en virtud del cual una cosa se encuentra sometida a la voluntad y a la acción de las personas, ésta puede ser objeto de venta y ser adquirida. En materia de cursos o cuerpos de agua se trata de los terrenos ubicados en la ribera externa, allende la línea de ribera. El Estado puede ser titular del dominio privado cuando el bien no está afectado al uso público (v.g.: tierras fiscales).

DOMINIO PUBLICO HIDRAULICO: Terrenos que conforman el cauce, lecho o álveo de los ríos, arroyos o cuerpos de agua, destinados al uso público directo o indirecto de los habitantes. Este es inalienable e imprescriptible.

EMBALSE O LAGO ARTIFICIAL: Cualquier cuenco que contenga agua en virtud de haber sido retenida por una presa.

EMERGENCIA: Situación o condición que aparece cuando, en la combinación de factores conocidos, surge un fenómeno o suceso no esperable, eventual y desagradable que pueda producir una rotura de la presa, su sobrepaso por las aguas o cualquier otra condición en una presa o en sus estructuras auxiliares que puedan ser consideradas como peligrosas o constituir una amenaza para la vida de los habitantes o sus propiedades, los servicios o el medio ambiente.

ESTABILIZACIÓN DE MÁRGENES: Uso de medidas estructurales tales como enrocados, hormigón, gaviones, colchonetas gavionadas, empalizadas, trenzado de ramas u otros materiales para estabilizar los taludes de los cauces y evitar los deslizamientos del terreno y la erosión.

ESTRUCTURAS DE CONTROL DE LAS INUNDACIONES: Como tales, comprenden a los canales evacuadores, presas, diques y otras estructuras construidas para modificar la inundación y proteger las áreas habitadas y en producción, del escurrimiento de las aguas.

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES: " investigación, análisis y evaluación de las actividades planeadas buscando asegurar un desarrollo sustentable y sano ambientalmente". PNUMA - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente- La EIA promueve el conocimiento previo, la discusión y el análisis de los impactos ambientales positivos y negativos de una propuesta, permite evitar y corregir o mitigar (reducir) y/o compensar los daños y optimizar los beneficios, perfeccionado la eficiencia de las soluciones.

EVALUACIÓN DEL RIESGO: es la aplicación sistemática de las políticas, procedimientos y prácticas de manejo del riesgo a las tareas de identificar, analizar, determinar, tratar y supervisar riesgos.

EVENTOS DE SEGURIDAD: Son los eventos normales o extraordinarios, determinados a partir de la Clasificación de las Presas, que una presa debe ser capaz de sobrellevar con los niveles de seguridad.

EXPROPIACION: Implica la pérdida de derecho de propiedad sobre una cosa y su transformación en un derecho personal a la indemnización.

FRECUENCIA DE INUNDACIÓN: Es la reiteración con que una inundación, de un caudal determinado, puede volver a ocurrir. Por ejemplo, una inundación que ocurre cada 100 años se refiere a un caudal de inundación de una magnitud probable de ocurrir, en promedio, una vez en 100 años o, más adecuadamente, de una magnitud que tiene un uno por ciento de posibilidades de ser igualada o excedida en cualquier año. Aunque el cálculo de la probable recurrencia se basa en los registros históricos, no hay garantías de que una inundación cada 100 años volverá a ocurrir o no ocurrirá aún varias veces dentro del citado período.

IMPACTO AMBIENTAL: Alteraciones al medio en su aspecto integral: físico, biológico y antrópico (socioeconómico y cultural) producido por una acción determinada. Los impactos pueden ser positivos o negativos, de distinta magnitud e importancia.

INCERTIDUMBRE: Aspectos no cuantificables del riesgo. Tiene una dimensión técnica, vinculada con la falta de respuestas acabadas desde el saber científico en relación al comportamiento de las peligrosidades y del comportamiento social. Además tiene una dimensión política, vinculada con la necesidad de tomar decisiones en situaciones donde hay muy altos valores en juego (vidas humanas, pérdidas materiales).

INUNDACIÓN: Condición temporaria y general de inundación parcial o completa de las tierras generalmente secas, motivada por el desborde de un río o arroyo, y/o la acumulación inusual de agua desde cualquier fuente.

INUNDACIÓN POR ANEGAMIENTO: El efecto causado por el agua proveniente de lluvia, nieve o subterránea, que se acumule por más de una semana, en terreno cuyo avenamiento sea lento o nulo o esté saturado por colmatación de la capa freática.

INUNDACIÓN POR DESBORDE: El efecto causado por el agua que, en ocasión de producirse crecientes mayores a la crecida máxima anual media, desborda del río o cuerpo que normalmente la contiene.

INUNDACIÓN REPENTINA (flash floods): Inundación repentina ocasionada por las intensas precipitaciones o por eventuales fallas de presas. Durante las inundaciones repentinas el tiempo transcurrido entre el pico máximo de las lluvias o la falla de la obra hidráulica y el de afluencia del agua a la zona en peligro es muy corto.

LAGO O LAGUNA: La acumulación natural de agua; su lecho y playas que, esté o no alimentada por ríos y tenga o no efluentes, posea una profundidad media anual mínima de un metro.

LECHO, CAUCE O ÁLVEO: El fondo, su subsuelo inmediato, los bancos y los accidentes del relieve – tales como barrancas y albardones - de un cuerpo de agua, de un río o de un canal, incluidas las playas hasta la línea de ribera, excluidas las islas.

LEGISLACIÓN: Es el conjunto de leyes o decretos nacionales o provinciales u ordenanzas municipales.

LÍNEA DE RIBERA DE UN EMBALSE O CANAL: Es la fijada por el acto gubernamental que dispone construir el embalse o canal o por el que dispone las expropiaciones o afectaciones pertinentes.

LÍNEA DE RIBERA FLUVIAL O LACUSTRE: La línea definible en el terreno por la cota de nivel que alcanzan las aguas de un río, arroyo o cuerpo de agua durante el evento de diseño caracterizado como crecida máxima anual media. Es el deslinde de los terrenos del dominio público hidráulico (cauce, lecho o álveo) con respecto a los terrenos del dominio privado (ribera externa).

MITIGACION: Acciones destinadas a reducir la vulnerabilidad y los daños potenciales sobre la vida y los bienes de los habitantes.

MODELO: Se entiende por tal, para un sistema hídrico, al procedimiento matemático que permite simular la evolución de las variables durante el desarrollo de un fenómeno natural y de potenciales acciones sobre la cuenca hídrica.

MODIFICACIONES o REPARACIONES: Aquellas modificaciones o reparaciones de presas y estructuras auxiliares existentes que puedan afectar directamente la seguridad de la presa o del embalse. No se incluye el mantenimiento de rutina.

OBRAS AUXILIARES: Son aquellas que incluyen, sin que el listado sea taxativo, estructuras tales como: aliviaderos, ya sea sobre la presa o formando estructuras independientes; las obras para descargadores de fondo y conductos de agua tales como túneles, acueductos o conductos de presión, ya sea a través de la presa o de sus estribos.

OPERACIÓN NORMAL Es el manejo de una presa dentro de las condiciones previstas en el proyecto, de modo de no representar un riesgo para la vida humana y propiedades. Este

manejo es en relación a los fenómenos físicos catalogados de variación esperable en la mayoría del tiempo, como: hidrológicos-hidráulicos, medioambientales suministro de potencia, etc.

OPERACIÓN EXTRAORDINARIA: Es el manejo de una presa, durante los eventos físicos máximos que afecten a la misma, previstos en el proyecto, de modo de minimizar el riesgo para la vida humana y propiedades.

OPERACIÓN CRÍTICA DE UNA PRESA: Aquella por la cual se erogan caudales que se encuentran en el rango que va desde la descarga prevista como de una recurrencia dada hasta la de máxima capacidad de evacuación de la obra.

PELIGRO DE INUNDACIÓN: Contingencia o riesgo inminente de que suceda una inundación extraordinaria potencial inherente al fenómeno mismo cualquiera sea su grado de artificialidad que involucra el riesgo de vida, salud, propiedad y los valores naturales de las áreas de inundación

PLAYA FLUVIAL O LACUSTRE: La parte del lecho de un lago, humedal o un río que es bañada o desocupada por las aguas entre sus más altos y más bajos niveles ordinarios, calculados como la crecida y bajante máxima anual media.

PRESA: Es una obra hidráulica que constituye una barrera artificial para embalsar agua, derivarla o proteger de los desbordes de un curso natural de agua.

PREVISIÓN: Es la determinación de posibles amenazas y condiciones de vulnerabilidad de una comunidad ante la ocurrencia de un desastre como la inundación u otros fenómenos naturales o artificiales causantes de daños a las personas y los bienes de la sociedad.

PROBABILIDAD: A partir de análisis estadísticos, es la forma de poder cuantificar la repetición o frecuencia con que puede ocurrir un evento aleatorio (ej: los eventos naturales, ver “frecuencia de inundación”). Su inversa es el Tiempo de Recurrencia.

RECONSTRUCCIÓN: Es el proceso de recuperación a mediano y largo plazo de los bienes afectados por la ocurrencia de un desastre, mediante la reparación del daño físico sufrido en la infraestructura; incluido el proceso de reasentamiento de la comunidad damnificada.

REDUCCIÓN: Término que agrupa los conceptos de “prevenir la ocurrencia”, “mitigar las pérdidas”, “prepararse para las consecuencias” y “alertar la presencia”.

REHABILITACIÓN: Es una etapa intermedia en la cual se continúa con las actividades de atención inicial de la población, pero en ella se restablece el funcionamiento de las líneas vitales, tales como la provisión de energía, del agua, así como las vías y las telecomunicaciones y otros servicios básicos como la salud y el abastecimiento de alimentos; previa a la reconstrucción definitiva de las viviendas y la infraestructura de la comunidad.

REMANSO: Especie de enlagueamiento formado por un río o arroyo, en su parte aguas arriba, causado frecuentemente por la sobreelevación de los niveles del río en algún punto aguas abajo

RESCATE: Consiste en la aplicación de técnicas de estabilización, remoción, penetración, extracción de víctimas por desastres o accidentes, que se encuentren atrapados o aprisionados por estructuras, vehículos terrestres o acuáticos, o naufragos o víctimas de la inundación, utilizando para ello equipos especiales y adecuados.

RESPONSABLE PRIMARIO También denominado Titular, Operador o Concesionario, es aquella persona física o jurídica, pública o privada, que posea, administre, opere o mantenga una presa y/o embalse y sus obras auxiliares, conexas y complementarias.

RESPUESTA: Es la etapa que corresponde a la ejecución de las acciones previstas en la etapa de preparación. En esta fase se da la reacción inmediata para la atención oportuna de la población afectada.

RESTRICCIONES Y LÍMITES AL DOMINIO PRIVADO: Se trata de restricciones administrativas que implican abstenciones que el propietario debe tolerar, son generales y los que están en situación similar las sufren en igual medida.

RIESGO: Contingencia o proximidad de un daño. Desde un punto de vista cualitativo, está ligado al resultado imprevisto de las actividades, acciones y decisiones de diferentes actores sociales. Así entendida, la noción de riesgo reemplaza a la que asocia a los desastres con la fortuna, el azar o la fatalidad y pone énfasis en la responsabilidad en las acciones. Para poder “medir” el riesgo, su expresión más generalizada es el producto de la probabilidad de ocurrencia de un evento considerado (potencial acción de una amenaza, absoluta o referida a un período de tiempo determinado) por las consecuencias esperadas (condiciones de vulnerabilidad de una comunidad). En conclusión: $\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$.

RÍO EFÍMERO O RÍO SECO: El lecho por donde corre natural y esporádicamente agua por un lapso cada vez no mayor a siete días, sin regularidad en cuanto a su momento de ocurrencia.

RÍO O ARROYO: El agua, las playas y el lecho por donde corre aquella, natural y continuamente, o regularmente durante períodos anuales estacionales, cuyo caudal medio anual sea como mínimo de 10 litros por segundo.

SEGURIDAD PERMANENTE: Se considera una presa en esta condición, cuando la presa ha mostrado ser segura en todos los casos verificados, abarcando los previstos de operación normal o extraordinaria.

SEGURIDAD TRANSITORIA: Se considera una presa en esta condición, cuando se ha detectado un incumplimiento de la seguridad durante la Operación Normal, pero que el mismo es resoluble.

SERVIDUMBRES: Son derechos o cargas reales, situaciones jurídicas u obligaciones que desmiembran al dominio, afectan su exclusividad y su establecimiento es indemnizable.

TIEMPO DE RECURRENCIA: Es el tiempo que, a partir de análisis probabilísticos, ocurre en promedio un evento aleatorio (ej: las crecidas de un río).

VÍA DE EVACUACIÓN DE INUNDACIONES: La parte de terreno externa a la línea de ribera fluvial, lacustre o de un canal, donde pueden escurrir las crecidas que tengan una recurrencia pronosticable de por lo menos diez años. En algunos países se acepta que la autoridad local puede elevar la consideración de esa recurrencia hasta 25 años cuando las circunstancias lo imponen. Incluye la zona de servicio del río o lago.

VULNERABILIDAD: Conjunto de condiciones (sociales, económicas, culturales, institucionales, etc) de una sociedad expuesta a una amenaza, *previas* a la ocurrencia de los eventos catastróficos, que la predisponen para sufrir daños (económicos, psicológicos, en la salud) y que determinan el nivel de dificultad que tendrá el grupo social afectado para soportar el evento o recuperarse de sus efectos luego del impacto. Abarca aspectos como las condiciones materiales de vida de la población (dimensión socioeconómica), las percepciones de la población respecto al riesgo (dimensión cultural) y las carencias y limitaciones a nivel de la toma de decisión (dimensión institucional).

ZONA DE SERVICIO DE RÍO O LAGO: La franja paralela y contigua a la línea de ribera fluvial o lacustre, tierra adentro, que en algunos países mide 20 metros de ancho si el río o lago es navegable.

ZONA DE SERVICIO DE UN EMBALSE O CANAL: Es la franja fijada por el acto gubernamental que dispone construir un embalse o un canal.

APENDICE B

REQUERIMIENTOS PARA LA VERIFICACIÓN ES- TRUCTURAL

Cuadro 1.- PRESAS DE MATERIALES SUELTOS EN FASE DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Aspecto Analizado	Requerimientos de Verificación Para Eventos de Seguridad
Presa de materiales Suelos	
Bordo libre	NAMO + Oleaje extraordinario Crecida extraordinaria + oleaje normal
Descenso de la cota de coronamiento	No perder bordo libre antes indicado en SON y SMV
Estabilidad de los espaldones	Seguridad al deslizamiento FS Operación Normal > 1,5 Post sismo > 1,1 (SON) > 1,0 (SMV)
Percolación por el terraplén	Sin exposición del nivel freático en el espaldón
Percolación de la fundación	Seguridad al sifonamiento Operación Normal > 1,5 Post sismo >1,2(SON) > 1,1 (SMV)
Laderas inestables (volumen >50.000m ³)	
Estabilidad en condición normal	Identificación de laderas potencialmente inestables Verificación de seguridad FS > 1,2
Deformación en sismo	Deslizamiento acumulado (SON) < 0,2 m (SMV) < 2,0 m
Estabilidad post sismo	Seguridad al deslizamiento FS >1,00 (SON y SMV)
Equipamiento Manejo del Embalse	
Operatividad de Compuertas	Operación Normal Total Operación en crecidas Total Posterior sismo TON Total Posterior sismo TOE Restringida en apertura
Operatividad de equipamiento auxiliar	Asegurado en todas las condiciones
Accesos a las Obras	
Presa, Vertedero y Descargador de Fondo	Asegurado en todas las condiciones

Eventos de Seguridad: Son los eventos normales o extraordinarios, determinados a partir de la Clasificación de las Presas, que una presa debe ser capaz de sobrellevar con los niveles de seguridad aquí establecidos

Cuadro 1.- PRESAS DE MATERIALES SUELTOS EN FASE DE OPERACIÓN

Aspecto Analizado	Requerimientos de Verificación Para Eventos de Seguridad
Bordo libre	NAMO + Oleaje extraordinario Crecida extraordinaria + oleaje normal
Descenso de la cota de coronamiento	No perder bordo libre antes indicado en SON y SMV
Estabilidad de los espaldones	Seguridad al deslizamiento FS Operación Normal > 1,35 Post sismo > 1,1 (SON) > 1,0 (SMV)
Percolación por el terraplén	Sin exposición del nivel freático en el espaldón
Percolación de la fundación	Seguridad al sifonamiento Operación Normal > 1,4 Post sismo >1,1(SON) > 1,0(SMV)
Laderas inestables (volumen >50.000m3)	
Estabilidad en condición normal	Identificación de laderas potencialmente inestables Verificación de seguridad FS > 1,1
Deformación en sismo	Deslizamiento acumulado (SON) < 0,2 m (SMV) < 2,0 m
Estabilidad post sismo	Seguridad al deslizamiento FS >1,00 (SON ySMV)
Equipamiento Manejo del Embalse	
Operatividad de Compuertas	Operación Normal Total Operación en crecidas Total Posterior sismo TON Total Posterior sismo TOE Restringida en apertura
Operatividad de equipamiento auxiliary	Asegurado en todas las condiciones
Accesos a las Obras	
Presa, Vertedero y Descargador de Fondo	Asegurado en todas las condiciones

Eventos de Seguridad: Son los eventos normales o extraordinarios, determinados a partir de la Clasificación de las Presas, que una presa debe ser capaz de sobrellevar con los niveles de seguridad aquí establecidos

Cuadro 2.- PRESAS DE MATERIALES SUELTOS EN FASE DE ABANDONO OPERATIVO

Aspecto Analizado	Requerimientos de Verificación Para Eventos de Seguridad
Bordo libre (no aplica si se quitaron las compuertas)	NAMO + Oleaje extraordinario Crecida extraordinaria + oleaje normal
Descenso de la cota de coronamiento (no aplica si se quitaron las compuertas)	No perder bordo libre antes indicado en TON y TOE
Estabilidad de los espaldones (aguas abajo solamente en embalses atarquinados)	Seguridad al deslizamiento FS Operación Normal > 1,5 Post sismo > 1,1 (SON) > 1,0 (SMV)
Percolación por el terraplén (no aplica en embalses atarquinados)	Sin exposición del nivel freático en el espaldón
Percolación de la fundación (no aplica en embalses atarquinados)	Seguridad al sifonamiento Operación Normal > 1,5 Post sismo > 1,2 (SON) > 1,1 (SMV)
Laderas inestables (volumen >50.000m3) (no aplica en embalses atarquinados)	
Estabilidad en condición normal	Identificación de laderas potencialmente inestables Verificación de seguridad FS > 1,2
Deformación en sismo	Deslizamiento acumulado (SON) < 0,2 m (SMV) < 2,0 m (
Estabilidad post sismo	Seguridad al deslizamiento FS >1,0(SONySMV)
Operatividad del vertedero	
Obra de Cabecera	Aptitud para descargar valor pico de crecida extraordinaria de verificación (sin regulación del embalse en caso de embalse atarquinado) Estabilidad requerida: FS Op Normal-Embalse hasta labio > 1,5 (con atarquinamiento) TON con embalse hasta labio > 1,2 (con atarquinamiento) (sin plastificación) TOE con embalse hasta labio > 1,0 (con atarquinamiento) (con plastificación)
Rápida y Disipador	Descarga de valor pico de crecida extraordinaria Seguridad contra erosión por operación continua
Accesos a las Obras	
Presa, y Vertedero	Asegurado en todas las condiciones

Eventos de Seguridad: Son los eventos normales o extraordinarios, determinados a partir de la Clasificación de las Presas, que una presa debe ser capaz de sobrellevar con los niveles de seguridad aquí establecidos

Cuadro 3.- PRESAS DE HORMIGÓN EN FASE DE DISEÑO O CONSTRUCCIÓN

Tipo	Magnitud	Valores admisibles		
		Condición Normal	Condición Eventual	Condición Extrema
Gravedad	Estabilidad al deslizamiento computando solo fricción	$FS \geq 1.5$	$FS \geq 1.2$	$FS \geq 1.0$
	Estabilidad al deslizamiento computando fricción + cohesión	$FS \geq 3.0$	$FS \geq 2.0$	$FS \geq 1.5$
	Excentricidad Carga Vertical	$e/d \leq 1/6$	$e/d \leq 1/4$	$e/d \leq 1/2$
	Presión sobre Fundación	$\leq \text{pr.adm}$	$\leq 1.33 \times \text{pr.adm}$	$\leq 1.5 \times \text{pr.adm}$
	Tensión Normal de Compresión	$\leq 0.30 \times f'ck$	$\leq 0.50 \times f'ck$	$\leq 0.90 \times f'ck$
	Tensión Normal de Tracción	0	$\leq 0.5 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 1.0 \times f'ck^{2/3}$
	Tensión Tangencial	$\leq 0.3 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 0.8 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 1.1 \times f'ck^{2/3}$
	Tensión Principal de Tracción	$\leq 0.2 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 0.6 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 1.2 \times f'ck^{2/3}$
	Deformación Vertical del Coronamiento	$\leq H/1000$	$\leq H/700$	$\leq H/500$
	Deformación Horizontal del Coronamiento	$\leq H/500$	$\leq H/350$	$\leq H/250$
Contrafuertes	Estabilidad al deslizamiento computando solo fricción	$FS \geq 1.5$	$FS \geq 1.2$	$FS \geq 1.0$
	Estabilidad al deslizamiento computando fricción + cohesión	$FS \geq 3.0$	$FS \geq 2.0$	$FS \geq 1.5$
	Excentricidad Carga Vertical	$e/d \leq 1/6$	$e/d \leq 1/4$	$e/d \leq 1/2$
	Presión sobre Fundación	$\leq \text{pr.adm}$	$\leq 1.33 \times \text{pr.adm}$	$\leq 1.5 \times \text{pr.adm}$
	Tensión Normal de Compresión	$\leq 0.40 \times f'ck$	$\leq 0.50 \times f'ck$	$\leq 0.80 \times f'ck$
	Tensión Tangencial	$\leq 0.66 \times f'ck$	$\leq 0.75 \times f'ck$	$\leq 1.00 \times f'ck$
	Tensión de tracción en el acero	$\leq 0.60 \times f_{yd}$	$\leq 0.75 \times f_{yd}$	$\leq 1.00 \times f_{yd}$
	Deformación Vertical del Coronamiento	$\leq H/1000$	$\leq H/700$	$\leq H/500$
	Deformación Horizontal del Coronamiento	$\leq H/500$	$\leq H/350$	$\leq H/250$

Cuadro 3.- PRESAS DE HORMIGÓN EN FASE DE DISEÑO O CONSTRUCCIÓN (cont.)

Tipo	Magnitud	Valores admisibles		
		Condición Normal	Condición Eventual	Condición Extrema
Arco y Bóveda	Presión sobre Fundación	$\leq \text{pr.adm}$	$\leq 1.33 \times \text{pr.adm}$	$\leq 1.5 \times \text{pr.adm}$
	Tensión Normal de Compresión	$\leq 0.40 \times f'_{ck}$	$\leq 0.50 \times f'_{ck}$	$\leq 0.80 \times f'_{ck}$
	Tensión Tangencial	$\leq 0.66 \times f'_{ck}$	$\leq 0.75 \times f'_{ck}$	$\leq 1.00 \times f'_{ck}$
	Tensión de tracción en el acero	$\leq 0.60 \times f_{yd}$	$\leq 0.75 \times f_{yd}$	$\leq 1.00 \times f_{yd}$
	Deformación Máxima Horizontal	$\leq \frac{(H*L)^{1/2}}{1000}$	$\leq \frac{(H*L)^{1/2}}{700}$	$\leq \frac{(H*L)^{1/2}}{500}$

Cuadro 4.- PRESAS DE HORMIGÓN EN FASE DE OPERACIÓN

Tipo	Magnitud	Valores admisibles		
		Condición Normal	Condición Eventual	Condición Extrema
Gravedad	Estabilidad al deslizamiento computando solo fricción	$FS \geq 1.35$	$FS \geq 1.1$	$FS \geq 1.0$
	Estabilidad al deslizamiento computando fricción + cohesión	$FS \geq 2.7$	$FS \geq 1.8$	$FS \geq 1.35$
	Excentricidad Carga Vertical	$e/d \leq 1/5.5$	$e/d \leq 1/3.5$	$e/d \leq 1/2$
	Presión sobre Fundación	$\leq 1.10 \times \text{pr.adm}$	$\leq 1.45 \times \text{pr.adm}$	$\leq 1.66 \times \text{pr.adm}$
	Tensión Normal de Compresión	$\leq 0.33 \times f'ck$	$\leq 0.55 \times f'ck$	$\leq 1.00 \times f'ck$
	Tensión Normal de Tracción	$\leq 0.10 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 0.55 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 1.10 \times f'ck^{2/3}$
	Tensión Tangencial	$\leq 0.33 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 0.90 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 1.20 \times f'ck^{2/3}$
	Tensión Principal de Tracción	$\leq 0.22 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 0.66 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 1.33 \times f'ck^{2/3}$
	Deformación Vertical del Coronamiento	$\leq H/900$	$\leq H/630$	$\leq H/450$
	Deformación Horizontal del Coronamiento	$\leq H/450$	$\leq H/315$	$\leq H/225$
Contrafuertes	Estabilidad al deslizamiento computando solo fricción	$FS \geq 1.35$	$FS \geq 1.1$	$FS \geq 1.0$
	Estabilidad al deslizamiento computando fricción + cohesión	$FS \geq 2.7$	$FS \geq 1.8$	$FS \geq 1.35$
	Excentricidad Carga Vertical	$e/d \leq 1/5.5$	$e/d \leq 1/3.5$	$e/d \leq 1/2$
	Presión sobre Fundación	$\leq 1.10 \times \text{pr.adm}$	$\leq 1.45 \times \text{pr.adm}$	$\leq 1.66 \times \text{pr.adm}$
	Tensión Normal de Compresión	$\leq 0.45 \times f'ck$	$\leq 0.55 \times f'ck$	$\leq 0.90 \times f'ck$
	Tensión Tangencial	$\leq 0.70 \times f'ck$	$\leq 0.85 \times f'ck$	$\leq 1.00 \times f'ck$
	Tensión de tracción en el acero	$\leq 0.75 \times f_{yd}$	$\leq 0.85 \times f_{yd}$	$\leq 1.00 \times f_{yd}$
	Deformación Vertical del Coronamiento	$\leq H/900$	$\leq H/630$	$\leq H/450$
	Deformación Horizontal del Coronamiento	$\leq H/450$	$\leq H/315$	$\leq H/225$

Cuadro 4.- PRESAS DE HORMIGÓN EN FASE DE OPERACIÓN (cont.)

Tipo	Magnitud	Valores admisibles		
		Condición Normal	Condición Eventual	Condición Extrema
Arco y Bóveda	Presión sobre Fundación	$\leq 1.1 \times \text{pr.adm}$	$\leq 1.5 \times \text{pr.adm}$	$\leq 1.66 \times \text{pr.adm}$
	Tensión Normal de Compresión	$\leq 0.45 \times f'_{ck}$	$\leq 0.55 \times f'_{ck}$	$\leq 0.90 \times f'_{ck}$
	Tensión Tangencial	$\leq 0.70 \times f'_{ck}$	$\leq 0.85 \times f'_{ck}$	$\leq 1.00 \times f'_{ck}$
	Tensión de tracción en el acero	$\leq 0.75 \times f_{yd}$	$\leq 0.85 \times f_{yd}$	$\leq 1.00 \times f_{yd}$
	Deformación Máxima Horizontal	$\leq (H \cdot L)^{1/2} / 900$	$\leq (H \cdot L)^{1/2} / 650$	$\leq (H \cdot L)^{1/2} / 450$

Cuadro 5.- PRESAS DE HORMIGÓN EN FASE DE ABANDONO OPERATIVO

Tipo	Magnitud	Valores admisible		
		Condición Normal	Condición Eventual	Condición Extrema
Gravedad	Estabilidad al deslizamiento computando solo fricción	$FS \geq 1.25$	$FS \geq 1.05$	$FS \geq 1.0$
	Estabilidad al deslizamiento computando fricción + cohesión	$FS \geq 2.5$	$FS \geq 1.6$	$FS \geq 1.2$
	Excentricidad Carga Vertical	$e/d \leq 1/5$	$e/d \leq 1/3$	$e/d \leq 1/2$
	Presión sobre Fundación	$\leq 1.20 \times pr.adm$	$\leq 1.60 \times pr.adm$	$\leq 1.80 \times pr.adm$
	Tensión Normal de Compresión	$\leq 0.36 \times f'ck$	$\leq 0.60 \times f'ck$	$\leq 1.00 \times f'ck$
	Tensión Normal de Tracción	$\leq 0.20 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 0.60 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 1.20 \times f'ck^{2/3}$
	Tensión Tangencial	$\leq 0.36 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 1.00 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 1.33 \times f'ck^{2/3}$
	Tensión Principal de Tracción	$\leq 0.25 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 0.70 \times f'ck^{2/3}$	$\leq 1.50 \times f'ck^{2/3}$
	Deformación Vertical del Coronamiento	$\leq H/800$	$\leq H/600$	$\leq H/400$
	Deformación Horizontal del Coronamiento	$\leq H/400$	$\leq H/300$	$\leq H/200$
Contrafuertes	Estabilidad al deslizamiento computando solo fricción	$FS \geq 1.25$	$FS \geq 1.05$	$FS \geq 1.0$
	Estabilidad al deslizamiento computando fricción + cohesión	$FS \geq 2.5$	$FS \geq 1.6$	$FS \geq 1.2$
	Excentricidad Carga Vertical	$e/d \leq 1/5$	$e/d \leq 1/3$	$e/d \leq 1/2$
	Presión sobre Fundación	$\leq 1.20 \times pr.adm$	$\leq 1.60 \times pr.adm$	$\leq 1.80 \times pr.adm$
	Tensión Normal de Compresión	$\leq 0.50 \times f'ck$	$\leq 0.60 \times f'ck$	$\leq 1.00 \times f'ck$
	Tensión Tangencial	$\leq 0.75 \times f'ck$	$\leq 0.90 \times f'ck$	$\leq 1.00 \times f'ck$
	Tensión de tracción en el acero	$\leq 0.80 \times f_{yd}$	$\leq 0.90 \times f_{yd}$	$\leq 1.00 \times f_{yd}$
	Deformación Vertical del Coronamiento	$\leq H/800$	$\leq H/600$	$\leq H/400$
	Deformación Horizontal del Coronamiento	$\leq H/400$	$\leq H/300$	$\leq H/200$

Cuadro 5.- PRESAS DE HORMIGÓN EN FASE DE ABANDONO OPERATIVO (cont.)

Tipo	Magnitud	Valores admisible		
		Condición Normal	Condición Eventual	Condición Extrema
Arco y Bóveda	Presión sobre Fundación	$\leq 1.20 \times pr.adm$	$\leq 1.60 \times pr.adm$	$\leq 1.80 \times pr.adm$
	Tensión Normal de Compresión	$\leq 0.50 \times f'ck$	$\leq 0.60 \times f'ck$	$\leq 1.00 \times f'ck$
	Tensión Tangencial	$\leq 0.75 \times f'ck$	$\leq 0.90 \times f'ck$	$\leq 1.00 \times f'ck$
	Tensión de tracción en el acero	$\leq 0.80 \times fyd$	$\leq 0.90 \times fyd$	$\leq 1.00 \times fyd$
	Deformación Máxima Horizontal	$\leq (H*L)^{1/2}/800$	$\leq (H*L)^{1/2}/600$	$\leq (H*L)^{1/2}/400$

APENDICE C

CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE CRECIDAS

1.- INTRODUCCION

Las presas deben ser capaces de absorber los aportes de las crecidas en condiciones de seguridad de manera que no aumente el peligro para vidas y bienes de las zonas de aguas abajo de las mismas.

Las crecidas de diseño o de verificación de una presa pueden seleccionarse desde un enfoque probabilístico, a partir de la adopción de niveles de riesgo respecto de la ocurrencia de un cierto evento hidrológico (período de retorno T años) o desde un enfoque determinístico, recurriendo a la estimación de la Crecida Máxima Probable (CMP), y luego adoptar el valor total o el de alguna fracción de la misma.

Lo recomendable es un enfoque basado en el riesgo. Para ello, entre varios escenarios de crecida, debe seleccionarse la que se denomina Crecida de Diseño Afluyente (CDA), que surge a partir de un análisis del peligro incremental de inundación en las zonas aguas abajo, si la presa falla durante la ocurrencia del escenario de crecida analizado [1] [2].

El método elegido para su estimación depende de la cantidad de tiempo y/o de los fondos disponibles para llevar a cabo una evaluación de ese tipo, y si el tiempo disponible y los fondos resultan escasos, entonces un diseño conservador de la CDA puede ser la selección de la CMP, que es su límite superior.

El Análisis de Riesgo es una metodología que, conjuntamente con el juicio del experto de la ingeniería, asistirá a la comprensión total de la seguridad de la presa. El uso principal de la Evaluación del Riesgo está en los estudios de las presas para identificar procedimientos de seguridad crítica y para asignar grados de la prioridad para los estudios detallados. Los estudios detallados, conjuntamente con estudios determinísticos normales, proporcionan los datos para la toma de decisiones.

2.- CRECIDAS DE DISEÑO DE PRESAS

Para apreciar el panorama de criterios adoptados por organismos e instituciones internacionales y de diferentes países, en la Tabla N° 1 se indican los procedimientos recomendados para diferentes condiciones de riesgo de la presa [3].

En orden con las recomendaciones del Comité de Presas y Crecidas de ICOLD/CIGB [1], para la selección de crecidas de diseño de presas, se tienen los criterios indicados en la Tabla N° 2.

Tabla N° 1: Criterios adoptados por organismos e instituciones de diferentes países para estimar la crecida de diseño de una presa

CATEGORIA DE RIESGO DE LA PRESA		A (ALTO)	B (SIGNIFICATIVO)	C (BAJO)
ORGANISMO / INSTITUCION	PAIS			
International Commission on Large Dams	---	% CMP ó 1:1.000 a 1:5.000 años	% CMP ó 1:500 a 1:1.000 años ó Análisis Económico de Riesgos	1:100 años
Federal Emergency Management Agency	U.S.A.	CDA	CDA	1:100 años
Federal Coordinating Council for Science, Engineering & Technology	U.S.A.	CMP	CMP	(*)
Federal Energy Regulatory Commission	U.S.A.	CMP	CMP	(*)
American Society of Civil Engineers	U.S.A.	CMP	CMP	(*)
U.S. Corps of Engineers	U.S.A.	CMP	CMP	0,50 CMP a CMP
Nuclear Regulatory Commission	U.S.A.	CMP	CMP	0,50 CMP a CMP
Tennessee Valley Authority	U.S.A.	CMP	TVA probable maximum flood	(*)
U.S. Soil Conservation Service	U.S.A.	PMP	$P_{100}+0,4$ (PMP- P_{100})	(*)
U.S. Bureau of Reclamation	U.S.A.	CMP	(*)	(*)
Interagency Commission on Dam Safety	U.S.A.	CMP	(*)	(*)
Ohio State Agency on Dam Safety	U.S.A.	CMP	0,5 CMP	0,25 CMP

Tabla N° 1: Criterios adoptados por organismos e instituciones de diferentes países para estimar la crecida de diseño de una presa (cont.)

CATEGORIA DE RIESGO DE LA PRESA		A	B	C
ORGANISMO / INSTITUCION	PAIS	(ALTO)	(SIGNIFICATIVO)	(BAJO)
Illinois State Agency on Dam Safety	U.S.A.	CMP	CMP	0,5 CMP
New Jersey State Agency on Dam Safety	U.S.A.	PMP	0,5 PMP	1:100 años
Kansas State Agency on Dam Safety	U.S.A.	0,4 PMP	0,4 PMP	0,4 PMP
Alberta Dam Safety Board	Canadá	CMP	0,75 CMP	0,50 CMP
British Columbia Hydro	Canadá	CMP	0,50 CMP ó 1:1.000 años (se adopta el mayor)	1:200 años
Institution of Civil Engineers - London	G. Bretaña	CMP	0,50 CMP ó 1:10.000 años (se adopta el mayor)	0,30 CMP ó 1:1.000 años (se adopta el mayor)
National Board of Waters and Environment	Finlandia	1:5.000 a 1:10.000 años	1:500 a 1:1.000 años	1:100 a 1:500 años
Australian National Committee on Large Dams	Australia	1:10.000 años a CMP	1:1.000 a 1:10.000 años	1:100 a 1:1.000 años
Norwegian Water Resources and Energy Administration	Noruega	CMP	(*)	(*)

CMP : Crecida Máxima Probable (PMF en inglés)

1:1.000 años : Crecida con recurrencia de 1.000 años

(*): no existe criterio o los que están vigentes no son comparables

PMP: Precipitación Máxima Posible

P₁₀₀ : Precipitación con una recurrencia de 100 años

CDA : Crecida de Diseño Afluente (IDF en inglés)

Tabla N° 2: Recomendaciones actuales para la estimación de la crecida de diseño de una presa en función de la categoría de la misma.

CATEGORIA DE LA PRESA	CRECIDA DE DISEÑO [m ³ /s]
A	$Q_d = \% \text{ CMP } \text{ ó } Q_{1.000} \text{ a } Q_{5.000}$
B	$Q_d = \% \text{ CMP } \text{ ó } Q_{500} \text{ a } Q_{1.000} \text{ ó AER}$
C	$Q_d = Q_{100}$

- Q_d : Caudal máximo de diseño
- CMP: Crecida Máxima Probable
- $Q_{1.000}$: Crecida de recurrencia media 1.000 años
- AER: Análisis Económico de Riesgos

Se destaca que para el diseño de la obra de evacuación de caudales propiamente dicha se podrían aceptar valores inferiores a los indicados en la Tabla N° 1, siempre que la capacidad de verificación total se cumpla sin colapsar la presa.

El porcentaje de la CMP que usualmente es empleado puede variar entre el 75 % y el 100 % de la misma para las presas de categoría A y un amplio abanico que va desde el 50 % hasta el mismo 100 % para las de categoría B, quedando a criterio del proyectista la adopción de tal porcentaje en función de condiciones particulares de la obra y del medio ambiente circundante.

2.1.- La Crecida Máxima Probable (CMP)

La CMP es el límite superior de las crecidas a considerar a la hora de seleccionar la CDA de una presa y se requiere determinar la magnitud de la PMP (Precipitación Máxima Probable) para desarrollar luego su hidrograma de crecida sobre la base de tal información, lo que implica una tarea muy detallada. Dependiendo de la importancia del estudio que se persigue, estos análisis deberán ser dirigidos por un ingeniero con formación y experiencia en este campo de especialización.

Para determinar la CMP debe utilizarse una metodología determinística. En la misma, tal hidrograma se genera mediante la modelación tanto de la física de la atmósfera como de los procesos hidrológico e hidráulico sobre la cuenca de drenaje, para representar la más severa combinación de las condiciones meteorológicas e hidrológicas consideradas como razonablemente posibles para una determinada cuenca hidrográfica. Por lo tanto la CMP representa una estimación del límite superior de la escorrentía que es capaz de generarse en la cuenca.

2.2.- Criterios para la Selección de la Crecida de Diseño Afluyente (CDA)

Las presas deben ser capaces de absorber los caudales de crecida en condiciones de seguridad de manera que no aumente el peligro para vidas y bienes aguas abajo. Sin embargo, esta situación no siempre puede ser factible.

La CDA es el caudal de crecida por encima del cual el incremento del nivel de la superficie del agua en las zonas de aguas abajo, debido a la falla de la presa, provoca una amenaza adicional inaceptable para esas zonas.

Esta es entonces el hidrograma utilizado para el diseño o la evaluación de la capacidad de las obras de evacuación de una presa, cuyo límite superior es la CMP.

Hay distintos métodos para la selección de la CDA, pero el elegido surgirá de la cantidad de tiempo y / o fondos disponibles para llevar a cabo una evaluación de ese tipo. Por ejemplo, si el tiempo y los fondos disponibles resultasen escasos, un diseño conservador de la CDA puede ser la selección de la CMP.

A veces, su selección es sencilla, en razón de que debe ser utilizada una CDA específica debido a decisiones políticas o por las políticas establecidas por los organismos competentes. El enfoque más ampliamente aceptado implica evaluaciones del riesgo incremental para identificar la CDA apropiada de una presa.

El análisis basado en el aumento incremental debido a la falla de la presa supone la operación de una cierta crecida y un dado nivel de embalse, determinándose el máximo nivel aguas abajo de la presa que alcanzaría el agua sin la falla de la misma, con lo cual se determina el contorno de la inundación resultante.

Luego se considera la falla de la presa con afluencia de la crecida, partiendo con el embalse en el mismo nivel y se estima el máximo nivel que alcanzaría el agua en las zonas aguas abajo de la presa, a partir de lo cual se determina el contorno de la inundación provocada por este nuevo escenario.

Entre ambos contornos de las respectivas inundaciones se obtiene el área incremental provocada por la falla de la presa, según se puede apreciar en las Figuras 1 y 2.

La CDA debe ser adoptada igual a la CMP en aquellas situaciones donde las consecuencias debidas a la falla de la presa hacen inaceptables asumir valores inferiores a las CMP.

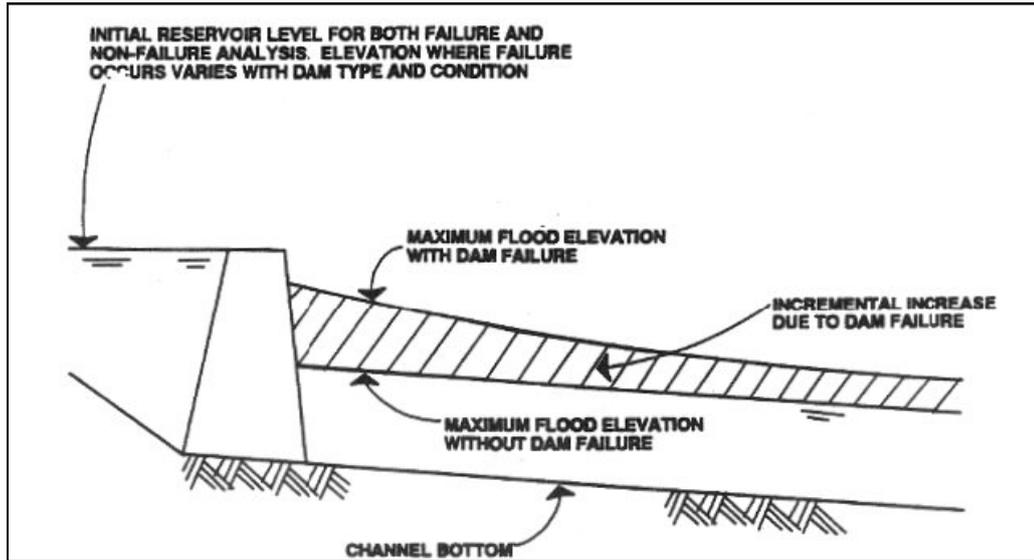


Figura 1: Ilustración del aumento incremental debido a la falla de la presa.

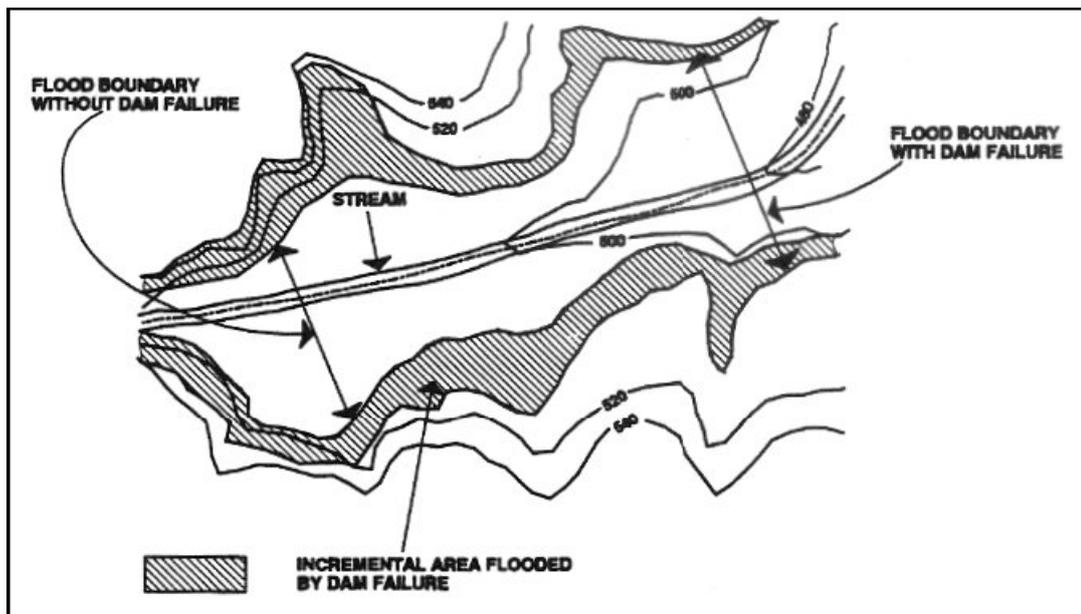


Figura 2: Ilustración del área incremental inundada por efecto de rotura de presa.

Fuente: Federal Guidelines for Dam Safety: Selecting and accommodating Inflow Design Floods for Dams, FEMA # 94, Federal Emergency Management Agency, USA.

Una crecida inferior a la CMP puede ser adoptada como CDA en aquellas situaciones en que son aceptables las consecuencias de las inundaciones causadas por la falla de la presa, comparado con las consecuencias de las inundaciones causadas por crecidas mayores a la CDA seleccionada.

Cuando los estudios concluyen que el riesgo es sólo para el Responsable Primario y no aumentan los daños a las zonas de aguas abajo debidos a la falla, es aceptable entonces un enfoque basado en el riesgo. En general, existen consecuencias aceptables cuando la evaluación de la zona afectada indica lo siguiente:

- No hay asentamientos humanos permanentes, o instalaciones de seguridad nacional conocidas, o desarrollos comerciales o industriales, ni tales viviendas o desarrollos comerciales o industriales fueron proyectados dentro del área de riesgo potencial para el futuro previsible.
- Existen asentamientos humanos permanentes en el área de riesgo potencial que se verían afectados por la falla de la presa, pero no sería significativo el incremento de la amenaza a la vida o los bienes resultantes durante las inundaciones más grandes que las originadas por la CDA propuesta. Por ejemplo, si un embalse tiene un pequeño volumen de almacenamiento y la falla no añade sensiblemente el volumen al hidrograma efluente, es probable que la inundación aguas abajo sería esencialmente la misma con o sin falla de la presa.

Las consecuencias de la falla de la presa no pueden ser aceptables si el riesgo potencial de estas viviendas se incrementa considerablemente por la onda de crecida debida a la falla o por el nivel de inundación.

La selección adecuada de la magnitud de la CDA puede incluir consideraciones sobre si una presa proporciona servicios vitales para la comunidad, tales como el suministro municipal de agua o energía. Por lo tanto, el mayor grado de protección será necesario frente a la falla para garantizar que esos servicios sigan funcionando durante y después de las condiciones extremas de inundación cuando los servicios alternativos no estén disponibles. Si la pérdida de estos servicios es económicamente aceptable, la CDA puede ser menos conservadora. Sin embargo, la pérdida del abastecimiento de agua para uso doméstico no debe ser un riesgo aceptable para la salud pública.

Los análisis de frecuencias de crecidas y los análisis basados en el riesgo se pueden utilizar para garantizar el funcionamiento en un nivel razonable y para dar cumplimiento con la normativa vigente en materia de seguridad de presas.

No sería apropiado diseñar una presa admitiendo un riesgo potencial de falla, cuya crecida sea de una frecuencia menor a una vez en 100 años.

Al determinar el efecto que la crecida afluente tendrá sobre la seguridad de la presa, se puede utilizar un enfoque hidrológico. Los siguientes enfoques establecen la magnitud de la crecida para el proyecto, y determina si un proyecto existente puede absorber la misma en condiciones seguras o bien como un nuevo proyecto deberá ser diseñado para absorber en condiciones seguras la CDA.

2.3.- Crecidas de protección contra la pérdida de beneficios durante la vida del proyecto

Aplicable únicamente a las presas identificadas como de bajo riesgo potencial, las que pueden estar diseñadas para cumplir al menos un estándar mínimo de protección contra el riesgo de pérdidas durante la vida del proyecto y que aseguren el funcionamiento de la obra en un nivel razonable y el cumplimiento de las normativas vigentes en materia de seguridad de presas.

Crecidas con una frecuencia particular pueden ser utilizadas para este análisis pero no sería apropiado diseñar una presa de esta categoría con una crecida que tenga un período de retorno menor a 1:100 años.

El procedimiento de evaluación del peligro incremental es el método más directo para la selección de la CDA. Sin embargo, hay momentos en que la selección se hace difícil y puede ser necesario llevar a cabo un enfoque basado en el análisis de riesgos. La evaluación del peligro incremental es, en esencia, un enfoque basado en el riesgo.

2.4.- Análisis Económico de Riesgos

2.4.1 General

En el caso de una presa, el concepto de riesgo se aplica cuando la misma tiene potencial para crear consecuencias adversas. Puede interpretarse el riesgo como una amenaza (la presa misma o un evento de crecida) separadamente de las consecuencias (que es el resultado, los impactos de una falla de la presa), o incorporar las consecuencias de modo de poder clasificar un riesgo según una escala de consecuencias adversas.

La Evaluación del Riesgo, conjuntamente con la buena práctica de la ingeniería, presenta las opciones posibles basadas en una buena interpretación de los escenarios críticos para la presa, de la información sobre costos incrementales así como de otros efectos. Tal información ayuda, conjuntamente con los cálculos determinísticos, en la selección de un nivel aceptable del riesgo.

Debido a las incertidumbres en la estimación de probabilidades y la pérdida de vidas potenciales, los resultados matemáticos de un estudio de riesgo pueden ser voluminosos, y deben estar sujetos a chequeos y a pruebas regulares [1].

Seleccionar un aceptable nivel de riesgo usando técnicas de cálculo de riesgo pueden conducir a resultados de una manera más eficiente y confiable que cuando las decisiones están solamente basadas en el análisis tradicional de condiciones extremas y/o consideraciones económicas.

El proceso es iterativo y puede, por lo tanto, ser muy largo y costoso. Por lo tanto, el proceso debe acompañarse en cada etapa por medio de un cálculo de las necesidades y de la rentabilidad del análisis adicional en mayor profundidad de determinado aspecto. Tal aspecto puede referirse a un estudio del tamaño de la presa, de consecuencias de la falla, de la conveniencia de un sitio para la mejora del vertedero y, finalmente, de las responsabilidades legales y financieras relacionadas con la falla de la presa.

2.4.2 Criterios

El criterio de riesgo relacionado a la pérdida de vidas, es el de mayor aceptación. Puede haber casos en donde las pérdidas económicas e impactos en el medio ambiente aguas abajo de una importante presa son tan graves que requieren un nivel del riesgo, incluso más bajo, que el criterio de riesgo de pérdida de vidas.

Por otro lado, puede haber casos donde el riesgo de vida y los daños económicos no son tan severos, pero la pérdida del abastecimiento de agua para la irrigación, consumo humano o la generación de energía, sería catastrófica y, por lo tanto, requiere adoptarse un bajo nivel de riesgo.

El Responsable Primario también debe considerar criterios financieros en relación a la capacidad de hacer frente a daños y perjuicios, y costos de la responsabilidad de una potencial falla de la presa. En la decisión final, todos estos factores deben ser considerados.

2.4.3 Aplicación

La aplicación del “Análisis de Riesgo” podría variar dentro del país, dependiendo de las cuestiones socioeconómicas, políticas y legales locales. La aplicación también variará con la perspectiva de las partes interesadas. La principal preocupación del Responsable Primario puede ser la rentabilidad del capital invertido en la presa, mientras que las autoridades públicas estarán preocupadas por la protección de la comunidad.

El responsable de la toma de decisiones debe considerar factores cuantificables, tales como riesgo de pérdida de vidas y el costo de reparación de daños, conjuntamente con efectos intangibles, tales como afectación social y ambiental, así como cuestiones legales y políticas y cualquier requisito regulador. Esto también incluye el potencial efecto devastador sobre la comunidad de la pérdida de abastecimiento de agua con, probablemente, el requerimiento de muchos años para reconstruir la presa y/o para restaurar el abastecimiento completo.

La información sobre opciones alternativas incluyendo riesgos, costos relativos y compensaciones a la comunidad, deberá ser presentada de la misma manera que se requiere la elaboración y presentación de una declaración de las consecuencias para el medio ambiente o estudio de impacto ambiental.

3.- CRECIDAS DE VERIFICACION DE PRESAS

A partir de tener que seleccionar cuál es la condición de verificación hidrológica que debe adoptarse para una presa, es decir la magnitud de la crecida afluente al embalse que puede manejar y evacuar la obra sin colapsar, se tienen las siguientes situaciones:

- **Presas de Categoría A** (de Alta Peligrosidad)

Si el colapso de la presa es producido por incapacidad para soportar el ingreso al embalse de una crecida de magnitud inferior o igual a la CMP, y ello generase una crecida que para la población en análisis constituye una inundación de Alta Vulnerabilidad, debe adoptarse como condición de verificación de la presa que la misma pueda, en condiciones extremas, evacuar la Crecida Máxima Probable (CMP) ó según las circunstancias particulares del proyecto, una crecida entre $Q_{5.000}$ a $Q_{10.000}$

- **Presas de Categoría B** (de Significativa Peligrosidad)

Si el colapso de la presa producido por incapacidad para soportar el ingreso al embalse de una crecida de magnitud inferior o igual a la CMP, y ellos generase una crecida que para la población en análisis no constituye una inundación de Alta Vulnerabilidad, debe adoptarse como condición de verificación de la presa aquella que garantice el manejo de una crecida dada por el menor valor respecto de la hipotética crecida generada (afluente más colapso de la presa), por el cual para dicha población representa una inundación de Significativa Vulnerabilidad.

- **Presas de Categoría C** (de Baja Peligrosidad)

Si el colapso de la presa producido por incapacidad para soportar el ingreso al embalse de una crecida de magnitud inferior o igual a la CMP, y ello generase una crecida que para la población en análisis no constituye una inundación ni de Alta Vulnerabilidad ni de Significativa Vulnerabilidad, debe adoptarse como condición de verificación de la presa aquella que garantice el manejo de una crecida dada por el menor valor respecto de la hipotética crecida

generada (afluente más colapso de la presa), por el cual para dicha población representa una inundación de Baja Vulnerabilidad.

Para la selección de crecidas de verificación de presas, según [1], se tienen los criterios indicados en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3: Recomendaciones para la estimación de la crecida de verificación de una presa en función de la categoría de la misma.

CATEGORIA DE LA PRESA	CRECIDA DE VERIFICACION [m ³ /s]
A	$Q_v = \text{CMP} \text{ ó } Q_{5.000} \text{ a } Q_{10.000}$
B	$Q_v = \% \text{ CMP} \text{ ó } Q_{1.000} \text{ a } Q_{5.000} \text{ ó AER}$
C	$Q_v = Q_{100} \text{ a } Q_{150}$

- Q_v : Caudal máximo de verificación
- CMP: Crecida Máxima Probable
- $Q_{1.000}$: Crecida de recurrencia media 1.000 años
- AER: Análisis Económico de Riesgos

4.- ANÁLISIS DE RIESGO EN LA SEGURIDAD DE PRESAS EXISTENTES

La adopción del “Análisis de Riesgo” plantea un problema en su aplicación a las presas existentes y, especialmente, a las presas más antiguas que fueron diseñadas usando estándares hidrológicos más bajos [1].

La filosofía en el campo de presas, generalmente, es que sea deseable alcanzar el mismo nivel de la seguridad hidrológica en presas existentes como en las presas nuevas que consideran los criterios modernos de la crecida del diseño para evaluación de la seguridad.

El problema se relaciona al concepto de manejo del riesgo, en el cual es necesario balancear riesgo y costo global (económico y ambiental). En algunos casos, debido al mayor costo que las adaptaciones hidrológicas requerirán más para las presas existentes que para las nuevas, se han propuesto conceptos de seguridad tales como “seguridad extrema” para las presas nuevas y “muy seguro” para las presas existentes. Sin embargo, para las presas que implican alto riesgo potencial, el criterio que prevalece es aquel que hace deseable exigir para las presas existentes los nuevos estándares hidrológicos.

Pero la aplicación práctica de esta filosofía y los criterios generales está cargada de verdaderas dificultades. Dado esto, se permitirá cierta “flexibilización” de los criterios en los casos

que no existan alternativas factibles para adoptar las crecidas extremas por cuestiones técnicas, económicas, sociales o ambientales.

Los principios usados para establecer esas “flexibilizaciones” se basan en las consideraciones siguientes:

- La presa ya existe, y por lo tanto, la población aguas abajo ya vive con el riesgo preexistente.
- El abandono de la presa podría dar lugar a circunstancias más desfavorables y en algunos casos, a mayores riesgos debido a la reducción de la protección frente a inundaciones. El abandono de la presa también daría lugar a la pérdida de los beneficios que la presa misma produce, circunstancia que podría ser vital para la economía regional o nacional.
- Los costos económicos para las modificaciones son inaccesibles.

Tomando en cuenta estas consideraciones, en el caso que surja necesario aceptar “flexibilizaciones”, estas en cada caso particular serán definidas por la ASEP (por parte del DESEP).

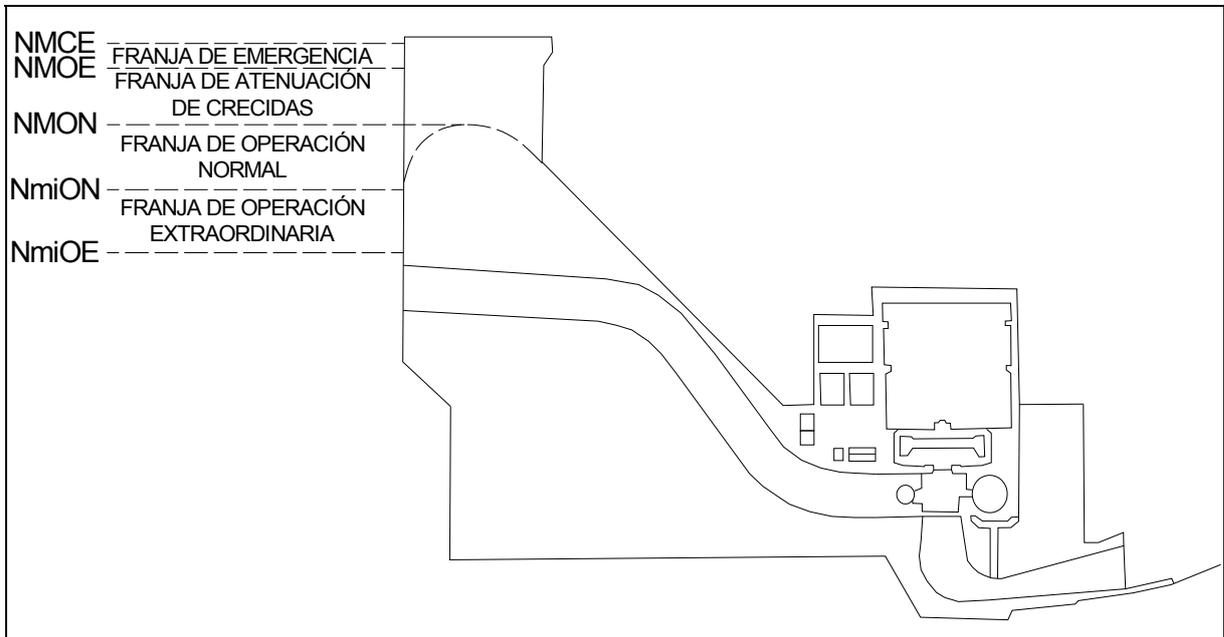
CITAS BIBLIOGRAFICAS

1. DAMS AND FLOODS, GUIDELINES AND CASES HISTORIES, Boletín 125 ICOLD / CIGB, Paris, Francia, septiembre 2003.
2. FEDERAL GUIDELINES FOR DAM SAFETY: SELECTING AND ACCOMMODATING INFLOW DESIGN FLOODS FOR DAMS, FEMA # 94, National Dam Safety Program, U.S. Federal Emergency Management Agency, Washington, USA, abril 2004.
3. SAFETY OF DAMS. FLOOD AND EARTHQUAKE CRITERIA, Committee on Safety Criteria for Dams, U.S. National Academy of Sciences, Washington, USA, 1985.

APENDICE D

FRANJAS DE OPERACIÓN DEL EMBALSE

Se definen las diferentes franjas o intervalos en que se divide el embalse para adoptar su Norma de Operación, detalle que puede apreciarse en el Croquis siguiente:



Franja de Emergencia: Es la comprendida entre el nivel máximo de crecida extraordinaria (NMCE) y el nivel máximo de operación normal (NMOE).

Franja de Atenuación de Crecidas: Es la comprendida entre el nivel máximo de operación extraordinaria (NMOE) y el nivel máximo de operación normal (NMON).

Franja de Operación Normal: Es la comprendida entre el nivel máximo de operación normal (NMON) y el nivel mínimo de operación normal (NmiON).

Franja de Operación Extraordinaria: Es la comprendida entre el nivel mínimo de operación normal (NmiON) y el nivel mínimo de operación extraordinaria (NmiOE).

APENDICE E

CARACTERIZACIÓN DE LOS SISMOS PARA LA VERIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE PRESAS

1.- Afectación

Las acciones que un sismo produce sobre una presa provienen de las aceleraciones y velocidades de la oscilación que puedan producirse en la fundación de la misma y de la cantidad de energía transferida a la estructura como oscilación.

La propia respuesta dinámica inercial de la presa, puede incrementar o atenuar los efectos de los movimientos sísmicos de la fundación y hacer que la estructura sea más o menos vulnerable a la acción sísmica. En los casos en que los esfuerzos internos generados sobrepasen las resistencias de los materiales componentes se tendrá algún tipo de daño estructural, que en casos extremos podrá devenir en un colapso parcial o total.

Se detallan a continuación las descripciones físicas esquematizadas de los comportamientos de distintos tipos de estructuras de cierre ante este tipo de acciones:

1.1.- Presas de hormigón

En el caso de presas de hormigón, de gravedad, de arco, de bóveda o de contrafuertes, las acciones que recibe la presa pueden sintetizarse en las siguientes:

- Empuje hidrodinámico superpuesto al hidrostático sobre el paramento de aguas arriba vertical (o sub-vertical) derivado del movimiento del conjunto fundación – estructura contra el embalse (incluyendo los sedimentos acumulados).
- Fuerzas de inercia de la masa de la estructura, hacia aguas abajo, producidas por el mismo movimiento antes mencionado, como fuerzas de deslizamiento o vuelco de la estructura de la presa.

En este tipo de presas la reacción de la estructura a las mencionadas acciones deberá ser resistida por la fundación y el hormigón estructural. La respuesta estructural consistirá en la variación del estado tensional normal (estático) de la presa a uno de tipo cíclico (dinámico) y variable punto a punto de la estructura, donde habrá estados de tensión puntuales en el tiempo que podrán mantenerse dentro del período elástico, o bien, excederlo. En este último caso deberá admitirse que la consecuencia del sismo será la estructura de presa en condición fisurada, con el agravamiento en términos de resistencia y grado de impermeabilidad, cuya funcionalidad deberá ser posteriormente analizada o bien que pueda llevar al colapso total o parcial de la estructura por deslizamiento o vuelco.

La fundación recibe un efecto similar aunque con menor posibilidad de soportar tracción, pudiendo producirse el “despegue” de parte de la fundación y la rotura del tratamiento de impermeabilización con la consecuente pérdida de estanquidad para la operación futura.

La reversibilidad propia de la naturaleza del evento sísmico conduce en algún tipo de presas a la inversión de los esfuerzos para los que ha sido diseñada en función de las acciones operativas normales, por lo que los efectos antes mencionados de deslizamiento o vuelco no llevan al colapso real sino a pequeños desplazamientos que se acumulan a lo largo del sismo, o a pérdidas de contacto y pérdida de continuidad en el tratamiento de fundación. (p.ej. en presas de arco y/o bóveda en ocasión de actuar un sismo severo con un nivel de embalse bajo se pueden generar esfuerzos de tracción en la estructura y en sus vínculos).

Ambos efectos pueden resultar en desplazamientos inadmisibles entre módulos, o contra los estribos o fundación o filtraciones.

1.2.- Presas de materiales sueltos

En el caso de presas de materiales sueltos, el movimiento sísmico producirá fuerzas de inercia sobre el material de terraplén, en condición saturada o seca, según donde se ubique el elemento impermeable, que afectarán la seguridad tanto sobre el talud de aguas arriba como de aguas abajo, pudiendo producirse asentamientos y deslizamientos parciales de los mismos.

Estas deformaciones y alteración de la geometría de la estructura resultan en una pérdida de material resistente en ciertos lugares de la presa, lo que puede significar desmejoramiento en las condiciones de estabilidad de la presa o su posible colapso por pérdida de respaldo al elemento impermeable, o bien la pérdida de bordo libre lo que, en definitiva, incrementa el riesgo de desborde (“overtopping”) y el posible colapso por esta causa.

En el caso de presas con fundaciones sobre materiales granulares de baja densidad, caso solamente posible en presas de materiales sueltos, o bien presas construidas con materiales granulares de baja densidad, la acción sísmica puede inducir la pérdida de resistencia del suelo de fundación y del cuerpo de la presa por efecto de la carga cíclica, pudiendo producir entonces deslizamientos generalizados a través de la estructura de la presa, mayores deformaciones y, por lo tanto, mayor riesgo de desborde.

1.3.- Otros fenómenos

El problema de la vulnerabilidad de las presas por acción sísmica no se encuentra limitado al análisis de la estructura de retención o presa en sí misma.

Existen también otros fenómenos que pueden provocar daños o, eventualmente, el colapso de la estructura de retención, aún cuando su estructura se encuentre en buenas condiciones de seguridad sísmica.

Se enumeran, algunos de ellos sin pretender dar carácter limitativo a la misma:

- Vulnerabilidad de laderas del embalse, potencialmente afectables por sismos, que en caso de deslizar produzcan una ola o el súbito aumento del embalse con pérdida de bordo libre y mayor riesgo de sobrepaso
- Establecimiento de un “seiche” en el embalse, cuya oscilación produzca por momentos un nivel de agua alto contra la presa y que derive en una superación del bordo libre, con el consiguiente aumento del riesgo de sobrepaso.
- Falla estructural de elementos hidromecánicos de los equipos producida por las sobrepresiones sísmicas del embalse (brazos de compuertas o vástagos de servomotores) o bien por deformación de la obra civil transmitida a elementos de operación (recatas, pistas, guías de compuertas, etc).
- Inoperabilidad de los elementos de descarga luego del sismo, que impida el manejo del embalse y que produzca un excesivo llenado del embalse con posible riesgo de sobrepaso. Ello puede ocurrir por fallas en el equipo o falta de energía para su operación.
- Inaccesibilidad a los sistemas de operación por cortes en los caminos de acceso a los mismos (derrumbe de taludes, deslizamiento de la calzada, colapso de puentes).

Estos distintos aspectos y otros que dependerán de cada obra en particular deberán ser también tenidos en cuenta y deberán ser analizados conjuntamente con la seguridad de la estructura de retención en sí misma.

2.- Generación

Los eventos sísmicos se producen normalmente en regiones donde la historia muestra que se ha registrado periódicamente este tipo de eventos.

Las causas naturales que producen los sismos derivan de movimientos o acomodamientos que ocurren periódicamente entre placas tectónicas que sufren movimientos relativos, y que se mueven luego de haber mantenido restringida la posibilidad de movimiento relativo durante un largo tiempo. Por lo dicho, la sismicidad se encuentra plenamente asociada a la presencia de fallas activas en las que se generan los sismos.

Las zonas sísmicas son actualmente conocidas y se encuentran, en general, ya definidas y caracterizadas según su peligrosidad, a los efectos de diseñar y construir con un buen grado de seguridad, edificios u otras obras de infraestructura y por lo tanto asociada a la vida útil que se asigna a este tipo de bienes.

El caso de las presas es diferente. Debe estimarse que más allá de la vida útil asignada a una presa en su estudio de factibilidad económica, una presa podrá mantenerse en operación por muchos años más, ya totalmente amortizada y cubriendo con sus beneficios solamente los costos operativos. También, una vez que se produzca el abandono operativo, mantendrá su estructura y por tanto su potencial de poder de daño en función de su vulnerabilidad.

2.1.- Sismicidad Regional

La determinación de los sismos que serán utilizados para realizar la verificación estructural de las presas debe realizarse tomando en cuenta la historia sísmica de la región, su geología y su conformación tectónica.

Posteriormente en el punto 3.1 de este Apéndice de la Normativa se detallan los pasos a seguir en estas determinaciones.

2.2.- Sismicidad Inducida por el Embalse

En el caso de presas de nuevas o de menos de 5 años de finalizado el llenado del embalse, cuya altura de retención supere los 100 m y su volumen de embalse supere los 1.000 Hm³, debe considerarse adicionalmente la posibilidad que se genere un sismo inducido por el embalse.

Debe considerarse que el sismo inducido no agregará nuevas posibilidades sísmicas a las regionales, sino que su potencial efecto podrá desencadenar un evento dentro de los que tectónicamente o geológicamente son posibles, desarrollado a partir del llenado del embalse.

No obstante, a los efectos de generar el sismo inducido debe considerarse también como potenciales fuentes de sismos a las fallas “no activas” que se encuentren orientativamente dentro de los 10 km de la presa.

De acuerdo a la experiencia, la sismicidad inducida por el embalse se encuentra limitada en Magnitud hasta $M \leq 6,5$ o bien hasta el SMC, adoptando el menor de ambos. Este sismo inducido debe ser considerado con los otros sismos antes mencionados, y se debe determinar la posible Intensidad en el sitio de presa, adoptando que el epicentro se puede producir en cualquiera de las estructuras de falla más cercanas a la presa y la profundidad del foco es no más de 10 km. La falla que pueda generar el sismo inducido podrá ser tanto de las activas como de las no activas que puedan activarse por efecto del embalse.

El sismo inducido debe aplicarse a las presas que cumplan con las condiciones para producirlo, independientemente de la sismicidad de la zona en que se encuentren, aunque su Magnitud esté limitada a la de los SMC's que las fallas más cercanas al sitio de presa puedan producir.

3.- Determinación de las características de los eventos sísmicos

3.1.- Procedimiento General

Para la determinación de los sismos que serán utilizados para realizar la verificación estructural de las presas se establece seguir los siguientes pasos:

- a.- Considerar la categorización sísmica de la zona de emplazamiento de la presa, usada para el diseño y cálculo de las construcciones en general, con el fin de definir la sismicidad del lugar.

En el caso de tratarse de zonas de sismicidad muy reducida o reducida, no será necesario realizar ningún estudio especial de sismicidad aunque deberá verificarse la estabilidad de estructuras y equipos con la aceleración máxima de la fundación dada por los reglamentos usados para el diseño de edificios para servicio públicos.

En el caso de tratarse de zonas de mayor sismicidad, deberá aplicarse lo indicado de "b" en adelante.

- b.- Definir en el caso de zonas con sismicidad "moderada" o mayor, la extensión alrededor de la presa a considerar como área de influencia de los eventos sísmicos. El área de influencia para cada presa será definida de la siguiente manera:

Peligrosidad Sísmica	Área de Influencia Distancia a la Presa (Km)
Moderada	100
Elevada	150
Muy elevada	200

c.- Realizar un censo o levantamiento de los eventos sísmicos producidos dentro del área de influencia delimitada, considerando los registros actuales y los históricos disponibles. Se deben utilizar los eventos registrados por la red sísmica mundial, que ha suministrado datos confiables de posición, Magnitud, y profundidad de los mismos a partir de los ocurridos desde los años 1930 en adelante, aproximadamente. Los eventos anteriores, registrados históricamente, deben ser caracterizados a partir de los registros disponibles en iglesias, municipios, hospitales, escuelas, etc donde se informe fecha y se haga una relación de los daños ocurridos, lo que permitirá, aceptando una menor precisión, inferir su posible Intensidad MM y asumir su Magnitud y la posición del epicentro. Estas determinaciones requieren definir los siguientes aspectos:

- Limitar el área para considerar los eventos ocurridos
- Para cada evento ocurrido, establecer la fecha, definir ubicación, (posición del epicentro y profundidad de foco), y características, medidas o estimadas, (Magnitud e Intensidades MM observadas en distintos puntos).

d.- Estudiar la condición tectónica del área y la geología regional dentro del área de influencia de la presa, debiendo realizarse una identificación y levantamiento, en términos de placas y de fallas geológicas o intraplaca, correlacionando con la sismicidad registrada, y asociando los epicentros y focos de los eventos con las fallas encontradas.

Para ello, deben determinarse:

- La historia geológica del área de influencia de la presa.
- Las formaciones geológicas incluyendo plegamientos y fallas
- El mecanismo tectónico regional.

- Levantamiento de las fallas, observables o inferidas, y sus posibilidades de generar sismos.
 - Evidencias de actividad en las fallas.
 - Epicentros más frecuentes en cada falla o región
- e.- Estudiar por medio de métodos estadísticos, los eventos ocurridos y la recurrencia con que se han presentado los eventos de determinada Magnitud. Discriminar, si es posible las fuentes de generación de los sismos (fallas, o regiones). Determinar, partiendo de los registros de sismos ocurridos en la región, subregión o en fallas particulares, el límite inferior de la sismicidad a ser considerada para un determinado nivel de recurrencia de los eventos. Establecer una o más leyes de correlación entre Magnitud y recurrencia de los sismos ocurridos asociados a toda la región, subregiones o a fallas en particular. Enfocar esta correlación hacia las fallas más importantes encontradas, y tratar de obtener una ley particular para cada una de ellas.
- De no ser ello posible, aplicar el mismo razonamiento regionalizando los sismos ocurridos según se observe que pueden originarse homogéneamente en toda la región o pueden originarse preponderantemente en áreas menores dentro del área de influencia de la presa. Ello permitirá contar con distintas posibilidades a elegir para determinar la Magnitud de los eventos sísmicos característicos de la región o subregiones, para la recurrencia adoptada, la posible posición de sus epicentros, y sus profundidades focales.
- f.- A mayor cantidad de datos con que se cuente de la estadística, ésta resultará más confiable. Se sugiere que la ley así determinada se extienda a no más de 2 a 3 veces el período de datos de buena consistencia. Con este procedimiento, pueden obtenerse los posibles eventos de hasta unos 1000 años de recurrencia.
- g.- Los eventos de recurrencia 10.000 años o más espaciada, no pueden obtenerse de un estudio estadístico y deben ser obtenidos por medio de un estudio de tipo determinístico a partir del levantamiento geológico de fallas observadas o inferidas, tanto tectónicas como regionales. A partir de la longitud de las fallas interpretadas o inferidas, determinar los Sismos Máximos Creíbles (SMC's) que cada una de las mismas puede generar. Existen gráficos o tablas en la bibliografía que permiten realizar esta determinación. Asignar la recurrencia de estos eventos a 10.000 años o mayor espaciamiento. Asignar un SMC a cada falla, área sísmica o fracción de la misma considerada.

- h.- La combinación de los procedimientos estadístico y determinístico, permiten seleccionar distintos eventos sísmicos, de operación normal y operación extraordinaria, que para distintas recurrencias, y según la falla donde se originan, pueden afectar a la estructura de la presa. En el acoplamiento de los resultados obtenidos por ambos métodos, verificar que el SMC introducido como evento máximo, no resulte incompatible y descalifique la ley Magnitud – Recurrencia antes determinada.
- i.- Determinar, juntamente con los potenciales sismos, la posible Intensidad MM que puede producirse en el sitio de la presa derivada de los eventos sísmicos identificados. Utilizar, para ello, como se acostumbra, fórmulas empíricas de atenuación entre el epicentro y el sitio de presa que determinan la Intensidad MM en éste último, y por lo tanto las aceleraciones máximas que los sismos puedan producir, en función de la distancia al epicentro, de la Magnitud y de la profundidad focal. En la bibliografía existen fórmulas desarrolladas en distintos países y centros de investigación, ajustadas para distintas regiones exhaustivamente estudiadas. De no contarse con una fórmula de atenuación desarrollada para la sismicidad local, o con datos para poder desarrollarla, aplicar fórmulas existentes, buscando aquellas que suministren el mejor ajuste a lo registrado para los eventos ocurridos, pudiendo modificarse los coeficientes numéricos para lograr un mejor ajuste. Contar con las líneas de igual Intensidad MM, registrada para un evento sísmico ocurrido, resulta de buena utilidad para realizar un ajuste sobre alguna de las fórmulas del formato adoptado, lo que puede hacerse para un evento en particular que haya sido suficientemente monitoreado.
- El ajuste de la fórmula debe hacerse, en lo posible en las 2 distintas direcciones principales, la de mayor amortiguamiento y la de menor amortiguamiento de la Intensidad MM. Este requerimiento puede ser modificado en la medida que la información con que se cuente no sea suficiente. En el caso extremo de no contarse con ninguna información puede aplicarse una única fórmula con antecedentes de haber sido usada anteriormente para el mismo ámbito geológico.
- j.- El criterio de selección del sismo a aplicar en las verificaciones de seguridad, depende en cada caso del tipo de estructura involucrada, ladera o elemento mecánico a verificar. En general, el criterio de selección dado por la experiencia, indica que las estructuras de hormigón y equipamiento resultan más vulnerables a la Intensidad MM de los sismos y

en menor medida a la Magnitud, mientras que las estructuras de materiales sueltos, y taludes naturales son en general más vulnerables a la Magnitud de los eventos.

- k.- Se ha mencionado que los efectos de los sismos en el sitio de presa, en términos de aceleración máxima quedan medidos por la Intensidad MM. Debe tenerse en cuenta que la aceleración máxima se presentará en el sitio con una componente horizontal, en la dirección más desfavorable para la estructura y una componente vertical.

El sismo se genera en la falla con distinta aceleración horizontal según la dirección normal o longitudinal a la misma y con componente vertical importante que va perdiendo significación en la medida que el sitio de presa se encuentra más alejado del lugar de generación. Ello toma mayor importancia en el caso de sitios ubicados cercanos a los epicentros. Si se cuenta con datos de Intensidad MM en distintos puntos en las cercanías del epicentro para un determinado evento, se dispone de una estimación para las aceleraciones horizontales en dichas direcciones.

La aplicación de las fórmulas de atenuación no es confiable en cercanías de los epicentros. Si no se pudiera realizar esta evaluación por falta de datos se asignará al sitio de presa una única aceleración que surja de la Magnitud y profundidad focal sin considerar la distancia al epicentro.

En el caso más general que la presa se encuentre alejada del epicentro, pudiendo estimarse como criterio de lejanía una distancia al epicentro mayor que la profundidad focal, se aplicarán la/las fórmulas/s de atenuación antes tratadas.

Con respecto a la aceleración vertical, debe considerarse que la misma es importante en las proximidades de la falla que origina el sismo, y va perdiendo significación a medida que el sitio de la presa está más alejado del origen. Si se contara con mediciones o elementos de juicio para estimar la relación entre los valores de aceleración vertical respecto de la horizontal, se deberá caracterizar la misma por medio de alguna ley, desarrollada para la región o publicada que establezca dicha relación en función de la distancia al epicentro.

En el caso que no se disponga, se aplicará lo acostumbrado para verificaciones anti-sísmicas, estimando que la aceleración vertical será de 0,66 de la horizontal hasta una distancia al epicentro igual a 2 veces la profundidad del foco y de 0,5 cuando la distancia al epicentro resulte mayor.

3.2.- Sismo SON

3.2.1.- Zonas de aplicación

a) Zonas de baja sismicidad

La selección del evento que resulte en definitiva el SON debe considerar todo lo antes dicho, para lo cual se deben aplicar los siguientes criterios.

En el caso de presas en zonas de sismicidad “muy reducida” o “reducida”, donde no se requiere el análisis sísmico del sitio de presa, se debe contar con la categorización sísmica de la región según lo reglamentado para las construcciones de infraestructura o afectadas a servicios públicos que deban permanecer en servicio durante catástrofes. Si no se cuenta con la solicitud correspondiente se aplicará el coeficiente de mayoración establecido para edificaciones comunes. En caso de no contarse tampoco con este coeficiente, se incrementarán las aceleraciones recomendadas en un 40 %.

El análisis consiste en la aplicación de una aceleración máxima de fundación según esté recomendado por el reglamento para estas áreas de sismicidad reducida. Esta aceleración de fundación deberá ser igual al 5%g si la indicada en los reglamentos fuera menor. No deberá confundirse la aplicación de la aceleración de la fundación con la aplicación de una aceleración pseudoestática del mismo valor para la estructura.

En los casos de sitios ubicados en zonas de sismicidad “muy reducida” o “reducida”, pero donde resulten aceleraciones máximas mayores al 5%g debidas a sismo inducido por el embalse, la seguridad de la presa se debe realizar el análisis con la metodología planteada para las zonas de sismicidad “moderada” o mayor.

b) Zonas de sismicidad “moderada” o mayor

En el caso de regiones de sismicidad moderada o mayor, el SON debe obtenerse del estudio estadístico realizado, sustentado con la información tectónica y geológica de la región, para la recurrencia compatible para la vida útil de la presa, o bien del sismo inducido por el embalse que produzca una aceleración máxima mayor que 5%g.

3.2.2 – Parámetros Sísmicos

El formato del SON, a ser utilizado para evaluación de la seguridad de la presa, en zonas de sismicidad moderada o mayor, debe ser presentado conteniendo al menos la siguiente información:

- Magnitud
- Aceleración horizontal máxima
- Aceleración vertical máxima
- Duración
- Frecuencia dominante
- Espectro de respuesta elástica horizontal
- Espectro de respuesta elástica vertical.

En el caso que se decida realizar análisis más detallados que requieran mayor precisión en la sollicitación sísmica, se podrán agregar también acelerogramas digitalizados con paso de 0,02 seg. para las componentes horizontal y vertical

3.3.- Sismo SMV

3.3.1.- Zonas de aplicación

a) Zonas de baja sismicidad

En la selección del evento del SMV se deberá considerar todo lo antes dicho, para lo cual se debe aplicar los siguientes criterios.

En el caso de presas en zonas de sismicidad “muy reducida” o “reducida”, donde no se requiere el análisis sísmico del sitio de presa, se aplicará una aceleración máxima como valor extremo de seguridad si la misma estuviera indicada en el reglamento. Esta aceleración de fundación debe ser igual al 10%g si la que surgiera de los reglamentos hubiera resultado menor. No deberá confundirse la aplicación de la aceleración de la fundación con la aplicación de una aceleración pseudoestática del mismo valor para la estructura.

b) Zonas de sismicidad “moderada” o mayor

En el caso de regiones de sismicidad moderada o mayor, el SMV se deberá obtener de los estudios estadísticos y determinísticos realizados, según se deba adoptar un evento de cierta recurrencia o el evento máximo (SMC). Para ello, el estudio de sismicidad, por regiones o para cada fuente sismogénica debe mostrar consistencia entre los resultados del tratamiento estadístico de los eventos y los de la información tectónica y geológica regional.

3.3.2.- Parámetros Sísmicos

El formato del SMV, a ser utilizado para evaluación de la seguridad de la presa, debe ser presentado conteniendo al menos la siguiente información:

- Magnitud
- Intensidad MM en el sitio de presa
- Aceleración horizontal máxima en roca en el sitio de presa
- Aceleración vertical máxima en roca en el sitio de presa
- Duración en segundos
- Frecuencia dominante
- Espectro de respuesta elástica horizontal para distintos grados de amortiguación
- Espectro de respuesta elástica vertical para distintos grados de amortiguación
- Histograma de aceleraciones horizontales en roca en el sitio de presa
- Histograma de aceleraciones verticales en roca en el sitio de presa

Los histogramas de aceleraciones se deberán presentar digitalizados con paso de 0,02 seg. entre puntos sucesivos

CITAS BIBLIOGRAFICAS

- Journal of the Geotechnical Engineering Division, Makdisi, F., Seed, H. B., ASCE, July 1978 pp 849 – 857.
- “Effects of Earthquakes on Dams and Embankments”, Newmark, N. M., Geotechnique, London, England, Vol 5, N° 2, June 1965
- “The Response of Earth Dams to Strong Earthquakes”, Ambraseys N. N, and Sarma, S. K., Geotechnique, London, England, Vol 17, Sept 1957, pp 181-213
- “Evaluation of Liquefaction Potential Using Field Performance Data”, Seed, H. B., Idriss, I. M., Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, March 1983, pp 458 – 482
- “Penetration and Liquefaction Resistances: Prior Seismic History Effects”, Seed, R. B., et al, Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE June 1988 pp 691 – 697

- “Evaluation of Settlements in Sands Due to Earthquake Shaking”, Seed, H. B., Tokimatsu, K., Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, August 1987 pp 861 – 878
- “A Computer Program to Evaluate the Seismic Response of Soil Structures Using Finite Element Procedures and Incorporating a Compliant Base”, Hudson. M., Idriss, I. M., Beikae, M., QUAD4M, Center for Geotechnical Modeling, Department of Civil & Environmental Engineering, University of California, Davis, California, May 1994.
- “Comparison of 2-D and 3-D Dynamic Analyses of Earth Dams”, Mejía, L., Seed, H. B., Journal of the Geotechnical Engineering , ASCE, November 1983, pp 1383 – 1398.

APENDICE F

CARACTERÍSTICAS Y FRECUENCIAS DE LO CON- TROLES DE LAS OBRAS

Cuadro N° 1: Obras en Operación Normal - Características de las Inspecciones

Clasificación de las Inspecciones			Frecuencias típicas de Inspección		
Clase de Inspección	Propósito de la Inspección	Tipos de Inspectores	Clasificación según impacto potencial		
			Alto	Mediano	Bajo
Rutinaria	Nota No. 1	Personal del Responsable Primario	Semanal a mensual	Mensual	Mensual a Trimestral
Intermedia	Nota No. 2	Asesores Técnicos	Anual	Anual	Anual a Bianual
Global	Nota No. 3	Asesores Técnicos y Especialistas	Cada 5 años	Entre 5 a 7 años	Cada 10 años
Especial	Nota No. 4	Asesores Técnicos y Especialistas	Requerida según evento ocurrido	Requerida según evento ocurrido	Requerida según evento ocurrido
Emergencia	Nota No. 5	Asesores Técnicos y Especialistas	Requerida según deficiencia detectada	Requerida según deficiencia detectada	Requerida según deficiencia detectada

Nota N°1: Confirmar el comportamiento de las obras. Detectar deficiencias.

Nota N°2: Confirmar el comportamiento de las obras con inspecciones visuales. Analizar y correlacionar lo visualizado con la información de control rutinario generada. No es necesario operar los equipos mecánicos.

Nota N°3: Confirmar el comportamiento de las obras con inspecciones visuales. Evaluar el comportamiento de las estructuras con la información de control rutinario generada, y con el conocimiento del estado del arte. Operar los equipos mecánicos para su prueba e identificación de deficiencias.

Nota N°4: Examinar, después de un evento (sismo, crecida, desembalse rápido, actividad volcánica etc.), las estructuras que constituyen la obra de cierre.

Nota N°5: Examinar una deficiencia en particular de una presa.

Los asesores técnicos y especialistas propuestos por el Responsable Primario para cada tarea deberán contar con antecedentes que acrediten su idoneidad para las tareas asignadas, según descripción de funciones especificadas. Los antecedentes de los profesionales y técnicos propuestos serán enviados a ASEP, quien podrá aceptar o rechazar las personas propuestas.

Cuadro N° 2: Frecuencias Mínimas de Toma de Lecturas de los Sistemas Instrumentales

Tipo de Sistema	Categoría de Riesgos en la presa: Bajo				
	Primer Llenado	Año 1	Año 2	Año 3	Posterior Rutinarios
Medición de instrumental centralizado	Diaria	c/2 días	Semanal	Semanal	Semanal
Medición de instrumental Manual	c/2días	Semanal	Mensual	Quincenal	Mensual
Mediciones Geodésicas	Semanal	Quincenal	Bimensual	Semestral	Anual
Inspecciones Básicas	Diarias	Quincenal	Mensual	Bimensual	Bimensual

Tipo de Sistema	Categoría de Riesgos en la presa: Significativo				
	Primer Llenado	Año 1	Año 2	Año 3	Posterior Rutinarios
Medición de instrumental centralizado	Diaria	c/2 días	2/semana	Semanal	Semanal
Medición de instrumental Manual	c/2días	Semanal	Quincenal	Quincenal	Mensual
Mediciones Geodésicas	Semanal	Quincenal	Mensual	Trimestral	Semestral
Inspecciones Básicas	Diarias	Semanal	Quincenal	Quincenal	Mensual

Tipo de Sistema	Categoría de Riesgos en la presa: Alto				
	Primer Llenado	Año 1	Año 2	Año 3	Posterior Rutinarios
Medición de instrumental centralizado	Diaria	Diaria	c/2días	2/semana	Semanal
Medición de instrumental Manual	c/2días	2/semana	Semanal	Quincenal	Quincenal
Mediciones Geodésicas	Semanal	Quincenal	Mensual	Bimestral	Trimestral
Inspecciones Básicas	Diarias	2/semana	Semanal	Quincenal	Mensual

Cuadro N° 3: Frecuencia para Elaboración de Informes de Control Instrumental

Productos	Etapas				
	Primer llenado	Año 1	Año 2	Año 3	Posterior Rutinarios
Cuadros y gráficos más representativos	Diario*	Semanal*	---	---	---
Informe resumen de la información más representativa	Semanal	Mensual	---	---	---
Informes de comportamiento	Mensual	Bimensual	Trimestral	Semestral	Semestral

* Según eventos y/o solicitud de control

APENDICE G

CRITERIOS PARA LA PROPAGACIÓN DE ONDAS DE
CRECIDA AGUAS DEBAJO DE PRESAS

ANÁLISIS DE INUNDACIÓN AGUAS ABAJO DE PRESAS

El análisis debe incluir:

- Usuarios de los resultados de los análisis.
- Descripción del caso.
- Referencias a crecidas históricas, si es posible.
- Antecedentes generales del proyecto, por ejemplo, geología, geotecnia, hidrología, morfología, etc.
- Resumen de los documentos mas importantes del diseño relacionados a la presa y sus estructuras hidráulicas, obras de control de inundaciones, terraplenes de carreteras y ferrocarril, puentes, etc., dentro del área bajo estudio.
- Normas de manejo de agua de los embalses y centrales hidroeléctricas en el área de estudio, a fin de definir los distintos escenarios de la propagación de la onda generada por la rotura de presa.
- Datos para el análisis de condiciones de borde como hidrogramas de crecidas entrantes al embalse, volúmenes de embalse, geometría de río y rugosidades típicas.
- Áreas donde pueden originarse cantidades importantes de material en suspensión, tales como madera o sedimentos, por ejemplo.
- Mapas en escala de la zona de estudio, mostrando secciones transversales y curvas de nivel, localización de estructuras, ferrocarriles, carreteras, etc.
- Mapas que muestren la afectación potencial de áreas con potenciales daños a propiedades y pérdidas de vidas.
- Datos para calibración del modelo, como relaciones entre caudales y niveles en distintos sitios del río. Toda información referente a los más altos niveles del río es de suma importancia, aún si la misma fuera incompleta.
- Descripción de los métodos computacionales usados en el análisis y referencia a proyectos en los que se emplean los mismos métodos a ser usados.
- Descripción de los límites más altos y más bajos a emplear en los análisis de sensibilidad.
- Resultados completos del análisis.
- Interpretación de los resultados en una evaluación de los riesgos de inundación, planes de rescate y planes de acción en emergencia.

- Condiciones de hidrograma de base empleado e hipótesis de propagación de la onda, para su empleo en el análisis de riesgo.

Las distintas etapas de un análisis suelen considerar, normalmente, distintas áreas, tiempos de arribo de la onda de crecida, el uso de diferentes modelos, etc. Es importante considerar distintas condiciones de borde de los modelos usados para diferentes tipos de análisis y diferentes etapas.

Un análisis de traslación de onda de crecida puede ser dividido en las siguientes cuatro etapas:

Etapa 1: Definición (estadísticamente) y simulación (o modelación) del evento que produce el hidrograma correspondiente. La modelación numérica es la más común. El modelo debe extenderse hacia aguas abajo, tan lejos como sea necesario para que las condiciones de borde no tengan incidencia en los resultados. En algunos casos es aconsejable el empleo de modelos bidimensionales para simular condiciones de escurrimiento especiales aguas abajo de la presa. Una serie de hidrogramas considerados representativos deben seleccionarse para realizar el análisis. Si los hidrogramas seleccionados causan inundaciones de menor grado en las áreas ubicadas aguas abajo de la presa, los resultados de la “etapa 1” pueden ser usados para la clasificación del riesgo de la presa y la continuación del análisis no sería necesaria en ese caso.

Etapa 2: La modelación del traslado de la onda hacia aguas abajo puede ser física o numérica (modelación matemática), siendo esta última la más común en la actualidad. Las condiciones de borde en el extremo aguas arriba del modelo serán los resultados de la “etapa 1”, por ejemplo, los hidrogramas representativos seleccionados. No se recomienda la aplicación de métodos simplificados, dado que podría producir resultados imprecisos en condiciones extremas de escurrimiento. También, los resultados detallados a ser usados en la evaluación de riesgo, requieren un conocimiento del modelo y de los procedimientos apropiados de aproximación a la solución numérica. Es necesario contar con resultados tales como caudal, elevación de la superficie libre del agua y velocidad en distintos puntos de interés, como así también con el perfil longitudinal para determinados momentos del evento.

Es apropiado contar con una salida de resultados en formato gráfico y numérico. Basado en esa información, se prepararán los mapas de inundación y las evaluaciones de riesgo.

Se debe considerar el sobrepaso de los terraplenes de defensa contra inundación paralelos

al río, ubicación y tipos de falla de los mismos, si la hubiera. Toda esta información debe ser integrada dentro de un modelo actualizado para lograr un exacto análisis de los efectos de la inundación.

Dentro de los límites del área que abarca el modelo se determinarán, en base al juicio de la ingeniería y la experiencia, los resultados del análisis de sensibilidad y serán analizados para evaluar la posibilidad de riesgo de áreas no incluidas en el modelo. Deberán incluirse el tiempo de arribo de la onda de la crecida, elevación de la superficie libre del agua, velocidad, material flotante y transporte de sedimentos.

Etapa 3: Los mapas de inundación, evaluaciones de riesgo y planificación del rescate se elaboran mediante el uso de los resultados del análisis de crecidas, como así también la información de la infraestructura, propiedades y población en riesgo, en el área en que podría fluir las potenciales crecidas, incluyendo la correspondiente a la rotura de presa. Se debe analizar el riesgo de alcanzar las máximas elevaciones de la superficie del agua en el área de estudio.

Es de conocimiento común que los peligros sobre los bienes y la población en riesgo son creados por el desarrollo dinámico de la inundación. Asimismo, los planes de rescate requieren de tiempos de arribo de la onda de la crecida, principalmente a las poblaciones y a las vías de escape. De otro modo, los responsables del rescate podrían ingresar a las áreas a cumplir su función y quedar atrapados. Históricamente, la evaluación del riesgo de inundación se ha realizado por medio de un camino simplificado, usando básicamente la experiencia. Actualmente, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Modelos Digitales del Terreno (MDT) están comenzando a ser más comunes entre las autoridades, las que preparan sus planes de emergencia generales sobre SIG y MDT.

Etapa 4: Las tres etapas previas del análisis tratan la simulación de diferentes eventos de crecidas, como así también los efectos de los resultados obtenidos de esas simulaciones, incluyendo riesgo y potencial pérdida de vidas. En el Análisis de Riesgo, a cada una de los eventos seleccionados se le asigna una determinada probabilidad de ocurrencia, que es superpuesta con otros riesgos como crecida, baja calidad estructural de ciertas presas y accidentes en la operación de estructuras hidráulicas secundarias de la presa. Una serie de eventos de riesgo deben ser evaluados y usados en la toma de decisiones. Asimismo, el análisis de riesgo es comúnmente preparado para una serie de condiciones de escurrimiento permanente.

HIPÓTESIS DE CÁLCULO RECOMENDADAS PARA LA SIMULACIÓN DE EVENTOS DE ROTURA DE PRESA

Los principales tipos de falla están relacionados al lugar de la presa en donde comienza la falla:

- Falla en la fundación (erosión interna).
- Falla por tubificación (erosión interna en el cuerpo de la presa).
- Falla por sobrepaso (fase inicial de la falla, actuando sobre el talud de aguas abajo de la presa).
- Falla inicial causada por sabotaje o acciones bélicas.

REQUERIMIENTO PARA MODELOS Y ENTORNOS DE TRABAJO

La lista de los principales requisitos para la simulación del traslado de ondas de crecidas incluye lo siguiente:

- La geometría ingresada debe poder aplicarse tanto a modelos de uni-dimensionales como bi-dimensionales.
- Los modelos de uni-dimensionales deben permitir sistemas ramificados de redes de canales.
- Los modelos bi-dimensionales deben ser aplicados en áreas donde los efectos del escurrimiento en dos dimensiones son significativos (cerca de presas, en sitios en que el escurrimiento ocupa totalmente la planicie de inundación, etc.).
- El modelo debe ser aplicado para simular el sobrepaso longitudinal del coronamiento de las defensas longitudinales de protección contra inundaciones.
- El modelo debe tener la capacidad de analizar condiciones de escurrimiento subcrítico y crítico, cambios en las condiciones, saltos hidráulicos, etc, como los que aparecen en los cauces naturales.
- El transporte de sedimentos debe ser utilizado en la modelación en la medida que los principales efectos de las inundaciones causadas por la onda de rotura de la presa tengan incidencia sobre el régimen de este transporte de sedimentos.
- El modelo debe tener la capacidad de interpretar todo tipo de estructuras hidráulicas a lo largo del camino de la propagación, incluyendo características completas del escu-

rimiento hidráulico y características operacionales.

- En el caso general, donde el modelo de rotura de presa es usado para otras modelaciones de hidráulica e hidrogeología, es necesaria una completa capacidad de modelación del río.
- Debe estar disponible en el modelo, una gama de diversos mecanismos de rotura de presas. Estos deben incluir, al menos, las siguientes características:
 - ✓ Debe estar disponible, para ser definida por el usuario, la selección de relación lineal o no lineal del avance de las dimensiones de la brecha con el tiempo, y la selección de múltiples suposiciones de formas de brecha,.
 - ✓ Debe estar disponible, para ser definida por el usuario, la falla por sobrepaso o tubificación.
 - ✓ El material y la forma dependientes de mecanismos no lineales del avance de la brecha, con definición inicial de la brecha debe estar disponible para ser seleccionada por el usuario.
- Las características deberán ser proporcionadas para permitir extensos análisis de sensibilidad de los parámetros que afectan las dimensiones y forma de la brecha, y todos los parámetros relacionados con el traslado de cualquier tipo de onda de crecida.
- Debe permitir la simulación de falla de presas en cascada (efecto dominó).
- Debe estar disponible la capacidad para simular accidentes en la operación, para cualquier tipo de crecida, y sus efectos sobre el riesgo de desarrollo de una rotura de la presa.
- La selección de modelos debe permitir la flexibilidad para cambiar la estructura del modelo o su complejidad, si la modelación inicial indica que se requiere un mayor grado de precisión en ciertas áreas.
- Problemas de convergencia deben ser manejados automáticamente por el modelo y no debe ocurrir en situaciones físicamente reales. La información sobre el uso automático de los procedimientos para el manejo de la no-convergencia debe ser comunicada al usuario.

RESULTADOS A OBTENER

La presentación de los resultados debe incluir la salida final, desde el hidrograma de la/s crecida/s o el generado por la rotura de presa (considerado representativo) hasta la informa-

ción básica recopilada para el análisis. Esto es importante, porque el usuario de los resultados debe tener fácil acceso a esta información detallada. La descripción técnica de los resultados debe indicar claramente la información que se ha utilizado y dónde se almacena.

Los resultados deben contener:

- a. Un informe técnico con la especificación de los métodos de cálculo y de las pautas para interpretar los resultados.
- b. Los datos usados en el cálculo que se mantienen constantes en distintos casos, tales como caudales iniciales, coeficientes y datos numéricos de secciones transversales.
- c. Para el caso de rotura de presa, un resumen de la comparación de distintos casos de la apertura de brecha en la presa, que para cada uno de los casos debe presentar:
 - Inclinación de las paredes laterales e la brecha, y la altura y el ancho final del fondo de la brecha.
 - El tiempo tomado para la formación completa de la brecha.
 - El nivel del agua en el embalse en el inicio de la formación de la brecha.
 - La causa asumida como determinante en la formación de la brecha (erosión interna, erosión de la fundación, daños intencional o erosión de la superficie)
 - Caudal máximo.
- d. Los resultados de la inundación de cada caso analizado, deberán presentarse para secciones transversales. La disposición de la información es una cuestión específica en cada caso y depende fuertemente de la infraestructura existente en el área donde se propaga la onda de inundación. En áreas lejanas aguas abajo, el bloqueo o la rotura de estructuras secundarias puede aumentar considerablemente la altura de la onda de la inundación. Por ello, se debe presentar una información más detallada para tales localizaciones.
- e. La opinión de la persona que hizo el cálculo del riesgo de vidas humanas y sobre propiedades (estructuras y edificios) causada por la inundación en cada caso. Deben ser enumerados los objetos (estructuras y edificios) que afectan la clasificación del riesgo. La lista debe contener la información sobre las elevaciones de los objetos, la profundidad de inundación y velocidad de escurrimiento en cada objeto.

- f. El diseño de planes del rescate ante la inundación es normalmente responsabilidad de las autoridades a cargo de acciones del rescate. Estas autoridades necesitan información según lo definido en el punto anterior. El tiempo de arribo de la onda de crecida es un factor muy importante así como crítico para las actividades del rescate.
- g. Se debe incluir una determinación de los riesgos a la salud y medio ambiente, en caso que exista posibilidad de contacto de la crecida con materiales de desecho.
- h. La clasificación riesgo de la presa.

MODELOS NUMÉRICOS DE SIMULACIÓN DE TRASLADO DE LA ONDA DE CRECIDA Y ROTURA DE PRESAS

Las tablas siguientes [1] proporcionan la información básica sobre los modelos y sus capacidades:

- Nombre del modelo y de la agencia / empresa que lo desarrolla (Tabla 1)
- Disponibilidad, requisitos de la computadora y tipo modelo (Tabla 2)
- Aplicaciones, “amigabilidad” y pre - procesamiento (Tabla 3)
- Cálculos del modelo, post - procesamiento e interfase (Tabla 4)
- Requisitos de entrenamiento, en semanas, para su uso (Tabla 5)
- Desarrollo y referencias (Tabla 6)
- Aplicabilidad del modelo para la modelación de otros proyectos de ingeniería (Tabla 7).

Cita Bibliográfica

1. Dam-Break Flood Analysis, Boletín N° 111, International Committee on Large Dams (ICOLD), octubre de 1998.

Tabla 1 - Nombres de los modelos de análisis de rotura de presas y agencias o empresas que los desarrollan, reportados por el Comité sobre Hidráulica de Presas de ICOLD

Nº	Agencia / Empresa	Nombre del Modelo
1	USA/ National Weather Service	DAMBRK (original)
2	USA/National Weather Service	SMPDBK (Simplified Dambreak)
3	BOSS International	BOSS DAMBRK
4	HAESTED METHODS	HAESTED DAMBRK
5	Binnie & Partners	UKDAMBRK
6	Department of Water Affairs and Forestry Pretoria, South Africa	DW AF-DAMBRK
7	USA / COE - Hydrologic Engineering Center	HEC - programs (HEC-RAS)
8	Tams	LATIS
9	Institute of Water Resources and Hydroelectric Power Research (IWHR), PR China	DBK1
10	Institute of Water Resources and Hydroelectric Power Research (IWHR), PR China	DBK2
11	Royal Institute of Technology, Stockholm	TVDDAM
12	Cemagref	RUBAR3
13	Cemagref	RUBAR20
14	Cemagref	CASTOR
15	Delft Hydraulics	SOBEK
16	Delft Hydraulics	DELFT2 D
17	Consulting Engineers Reiter Ltd.	DYX.10
18	ANU - Reiter Ltd.	DYNET-ANUFLOOD
19	ENEL Centro di Ricerca Idraulica e Strutturale	RECAS
20	ENEL Centro di Ricerca Idraulica e Strutturale	FLOOD 2D
21	ENEL Centro di Ricerca Idraulica e Strutturale	STREAM
22	Danish Hydraulic Institute	MIKE 11
23	Danish Hydraulic Institute	MIKE 21
24	ETH Zürich	FLORIS
25	ETH Zürich	2D-MB
26	EDF - Laboratoire National Hydraulique	RUPTURE
27	EDF - Laboratoire National Hydraulique	TELEMAC - 2D

Tabla 2 - Disponibilidad, requerimientos de computación y tipo de modelo

Tema	Número de Modelo en Relación a la Tabla 1																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
<i>Disponibilidad del modelo</i>																												
Solo para Consultoría						x			x	x			x													x		
Entrega relacionada con la consultoría								x			x	x			x	x	x	x										
Software disponible comercialmente			x	x	x		x							x		x	x			x	x	x	x	x	x		OD	x
Software a costos accesibles	x	x			x							x							UNI									UNI
Computadora Central	x	x					x	x	x	x	x	x	x			x	=		V	V	V		x	V		x	x	
Computadora (UNIX) Personal	x	x					x					x	x		x	x	W	W		x	x	W	W	x	x		x	
Computadora Personal PC 286	x	x	x	x	•		x	x	x	x				x	•							x						
Computadora Personal PC 386/486	x	x	x	x	•	x	x	x	x	•	•		x	•		•	•					x	•	•				
Modelo Simplificado		x				x	x							x				x		x		x						

Tabla 2 - Disponibilidad, requerimientos de computación y tipo de modelo (cont.)

Tema	Número de Modelo en Relación a la Tabla 1																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
<i>Disponibilidad del modelo</i>																												
Modelo Hidrodinámico (Ecuaciones de St. Venant)	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	
Uni-dimensional	x		x	x	x		x	x	x		x	x		x	x		x	x	x		x	x		x		x		
Simulación de planicies de inundación	x		x	x	x		x	x									x	E			x	x		x		x		
Quasi bi - dimensional							x	x		x					x		x	x	x			x		x				
Bi - dimensional										x			x			x	x				x			x		x		x

Referencias:

- OD : Ocasionalmente distribuido
- UNI : Solo para universidades
- = : No admite gráficos
- W : *X-Window*
- E : Expansión local del modelo para *bidimensional*
- V : *Vax*
- : Ecuaciones de Boussinesq para elaboración del modelo

Tabla 3 - Aplicaciones, “amigabilidad” y pre-procesamiento

Tema	Número de Modelo en Relación a la Tabla 1																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
<i>Aplicaciones</i>																											
Flujo Subcrítico “wet routing”	x	x	x	x	x	x	x			x			x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Flujo Subcrítico y Crítico					x		x	x		x			x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Flujo Subcrítico “dry bed”	/									x			x		x	x	/	/	x	x	x	x	x		x	x	x
Flujo Subcrítico Sub y Supercrítico “wet”	x		x	x	x		x			x	x	x	x			x	/	/	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Flujo Subcrítico Sub y Supercrítico “dry bed”	/									x	x	x	x	x		x		/	x	x	x	x	x		x	x	x
Gradualmente Variado					x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Saltos	x		x	x	x					x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hielo flotante y otros materiales flotando							x	x								■ x	x	x									
Bloqueo de registros y cambios de rugosidad dependientes del tiempo												x					/	/				x					
Transporte de Sedimentos	/						x	x				x			x	x	/	/				x	x		x		x
Archivo de datos de entrada preparado manualmente	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Archivo de datos de entrada preparado de forma interactiva			x		x	x	x					x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x		x	x
Resultados en formato ASCII	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Resultados Gráficos			x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabla 3 - Aplicaciones, “amigabilidad” y pre-procesamiento (cont.)

Tema	Número de Modelo en Relación a la Tabla 1																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
<i>Aplicaciones</i>																												
Dibujo de secciones transversales					X G			X				X			X		X G	/ G	X	X G	X						X	
Dibujo de datos sobre mapas					X G					X					X	X	X G	/ G		X G	X		X					X G
Edición gráfica de datos de secciones transversales			X		X		X					X			X		X	X									X	
Edición gráfica y modificaciones de datos de curvas de nivel					X G								X G	X ed		X	X G	/ G		X G	X							X G
Gráficos en grillas 2D o 3D			X		X G								X G			X	X G	/ G		X G			X			X		X G
Control gráfico de datos hidrológicos																X	X		X		P							

Referencias:

/ : Disponible en 1995;

x – Computadora personal con sistema operativo VMS;

P – Dibujo de red de canales con secciones transversales y perfil longitudinal;

G - Usa sistema de información geográfico (GIS);

■ Solamente seguimiento de partículas; ed – Solamente edición

Tabla 4 - Cálculos del modelo, post procesamiento e interfase con el usuario

Tema	Número de Modelo en Relación a la Tabla 1																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
<i>Cálculos del Modelo</i>																												
Información en formato ASCII durante el cálculo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Observación gráfica del avance del proceso de cálculo												x					x	x						pl				
Ayuda interactiva																	x	x										
Otras como chequeo de la conservación de la masa												x	x	x			D	D		x	x	x						
Gráficos o tablas en formato ASCII-	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Gráficos en una dimensión			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Gráficos en dos dimensiones			x		x								x		x	x	x	/		x	x	LP	x	x	x		x	
Gráficos en tres dimensiones			x				x						x		x	/	/			x		x	x	x			x	
Ayuda del programa para comparación y análisis			x										x				x	x				x	x	x				

Tabla 4 - Cálculos del modelo, post procesamiento e interfase con el usuario (cont.)

Tema	Número de Modelo en Relación a la Tabla 1																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
<i>Cálculos del Modelo</i>																											
Aplicabilidad de los resultados para el Análisis de Riesgo					x		x	x				x	x				x	FR #	#	x	#		x				
Interfase a través de la operación normal del programa	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x
Interfase gráfica con el usuario			x		x		x		x	x				x	x	x	x	x		x	x	x	x			x	x
Modelo, pre- y post-processing separados					x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	X	x		x	x	x	x	
Modelo, pre- y post-processing están combinados			x								x			x			x	x				x	x				

Referencias:

/ : Disponible en 1995;

LP – Perfil longitudinal con animación de la simulación de los niveles de agua sumado a la interfase con SIG para mapas de inundación;

- Animación gráfica en terminales en pantalla;

D: Disponible con base de datos;

FR: Riesgo de inundación y planes de acción de rescate con ayuda del programa;

pl: Los gráficos pueden ser realizados para cada paso de cálculo.



Tabla 5 – Entrenamiento requerido en semanas

Tema	Número de Modelo en Relación a la Tabla 1																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Entrenamiento para a)	2	2	0,5		0,5	1	1e	1	4	4	1	1	0,5	0	1+	2+	2	2				1	1	1	1		2
Entrenamiento para b)	3*	2	1		1	2	1e	2			1	2	1	0,2	1+	2+	3	3	4	4	4	3	2	2	2	2	3
Auto entrenamiento c)	6*	2	2		0,5	1	1e				1	1	1	0,1	1+	2+	4	3				2	1	1	1	4	3

Los siguientes tiempos requeridos para entrenamiento están basados en las siguientes condiciones de partida

- a) Ingeniero Hidráulico calificado con experiencia en modelación numérica.
- b) Ingeniero Hidráulico calificado con conocimientos básicos de hidrodinámica pero sin experiencia en modelación numérica.
- c) Auto entrenamiento, si los manuales de entrenamiento están disponibles para la categoría de profesional definido en a):

Referencias:

- *: Muy variable
- +: Necesita mayor entrenamiento en cálculos morfológicos.
- e: Cada programa de HEC dispone de documentación necesaria.



Tabla 6 – Desarrollo y Referencias

Tema	Número de Modelo en Relación a la Tabla 1																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Año en el que el programa comenzó a funcionar	78	84	86	86	82	88	R (94) 68	71	83	83	89	76	90	92			86		87	91	83	85	82	82	93	75	89
Año mas reciente de actualización	88	88	93	89	89	91	R (94) 68	90	90	90	90	92	93	94	94	94	94	95	92	94	92	94	94	91	94	82	94
Número de proyectos modelados en consultoría (DBHA)	M	M	M	M	13	100	M	47	5	8		30	1	10	M	M	50		5	10	200	175	10	10	1	100	100
Número de programas instalados desde que comenzó a usarse	M	M	M	M	2	11	M	20			1	3	1	10	M	M	17		1	1	2	M	70	10			12
Modelo de pruebas con observaciones	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		Y	Y	Y	Y	Y
Disponibilidad de los datos de prueba	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	N	Y	Y	Yp	Yp			Y	Y	N	N	Y	Y	N	N	N	Y	Y

Referencias: M – Muchas instalaciones y trabajos; Y - Sí; Yp – Sí parcialmente; N - No; R - Programa RAS de HEC.

La referencia relacionada al número de proyectos evaluados en consultoría abarca solamente análisis de riesgo por rotura de presas (DBHA). Muchos modelos han sido usados en un gran número de proyectos.

Tabla 7 – Aplicabilidad del programa de modelación a otros trabajos de modelación

Tema	Número de Modelo en Relación a la Tabla 1																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Simulación de inundaciones naturales	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Flujo a presión en conductos cañerías	x		x	x		x	y				y						x	x	x			x		x			
Análisis de ondas análisis de energía hidroeléctrica	x		x	x	x	x	y								x		x	x	x			x	x	x	x	x	x
“Polders” y estaciones de bombeo	x		x	x		x	y	x	x	x					x	/	x	x				x	x			y	
Simulación interactiva de operación de estructuras hidráulicas									x						x		x	x					y	y	y		y
Combinación de modelación hidrológica de cuencas con modelación hidrodinámica de cauces	y					y	y		x	x	y				y	y	x	x					y	x			/
Modelación en “tiempo real”	y					x	y	x		x	y				x		x	x					y	y	y		
Transporte de sedimentos a fondo móvil	/						y					Y			x	x	y	y					x	y	y	x	y
Aplicaciones en calidad de agua							y	x		x	y				y	y	y	y					y	y	y	x	y

Tabla 7 – Aplicabilidad del programa de modelación a otros trabajos de modelación (cont.)

Tema	Número de Modelo en Relación a la Tabla 1																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Otras condiciones termodinámicas, congelamiento del río, condiciones invernales							y	x									x	x				r					
Otras (Efecto de mareas)	x		x	x				x							x	x	x	FR		x			y				
Morfología															x	x											

Referencias:

x – Aplicabilidad del programa;

y - Aplicabilidad del programa con módulos separados;

/ - Módulo en desarrollo;

FR –Ayuda en la evaluación del riesgo de inundación y en la planificación de las acciones de rescate.