

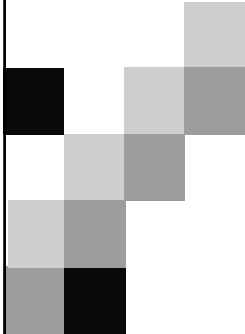


UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

Grupo iPresas
(www.ipresas.upv.es)



PROGRAMA COMPLEMENTARIO DE SEGURIDAD BASADO EN ANÁLISIS DE RIESGOS P.C.A.R.

CURSO TEÓRICO - PRÁCTICO

Valencia, del 26 al 29 de febrero de 2008

Manuel G. Membrillera Ortuño
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

**II SEMANA INTERNACIONAL SOBRE
LA APLICACION DEL ANALISIS DE
RIESGOS A LA SEGURIDAD DE PRESAS**
2nd INTERNATIONAL WEEK ON RISK ANALYSIS AS
APPLIED TO DAM SAFETY AND DAM SECURITY



Indice de contenidos

2

1. Introducción

2. Beneficios del PCAR

3. Fases del PCAR

- 3.1. Aspectos generales
- 3.2. Designación y cometidos del Grupo de Trabajo
- 3.3. Recopilación y organización de la información
- 3.4. Análisis de los modos de fallo potenciales (AMFP)
- 3.5. Documentación preliminar del PCAR
- 3.6. Inspección formal
- 3.7. Revisión de la documentación
- 3.8. Comunicación de resultados e integración en la explotación

4. Conclusiones



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

Manuel G. de Membrillera Ortuño - Grupo iPresas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El *Programa Complementario basado en Análisis de Riesgos* y, de forma abreviada, *PCAR*, constituye una primera fase de aplicación de las herramientas, con carácter cualitativo y enmarcada dentro del análisis de riesgos.

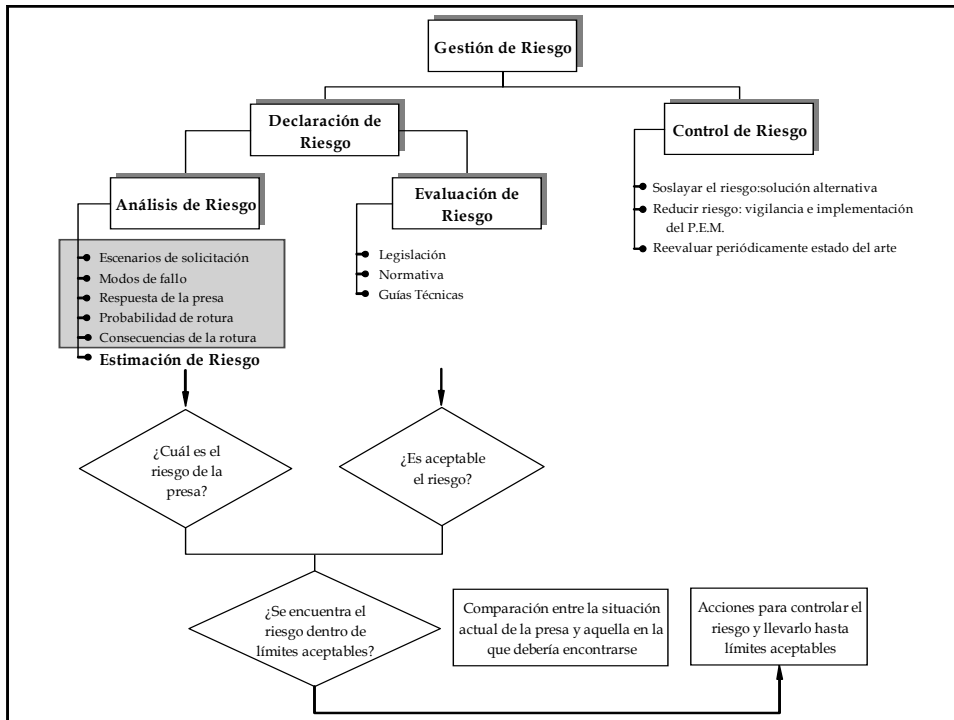


UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE VALENCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

Manuel G. de Membrillera Ortuño - Grupo iPresas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



- El PCAR trata de aportar información adicional con valor añadido, no se toma ninguna decisión ni se impone acciones
- El PCAR está adaptado a las necesidades específicas y la organización de cada titular de presa
- Necesidad de comunicar y exponer con detalle:
 - Resultados y conclusiones
 - Limitaciones y suposiciones
 - Documentación exhaustiva con todos los datos, cálculos y resultados obtenidos

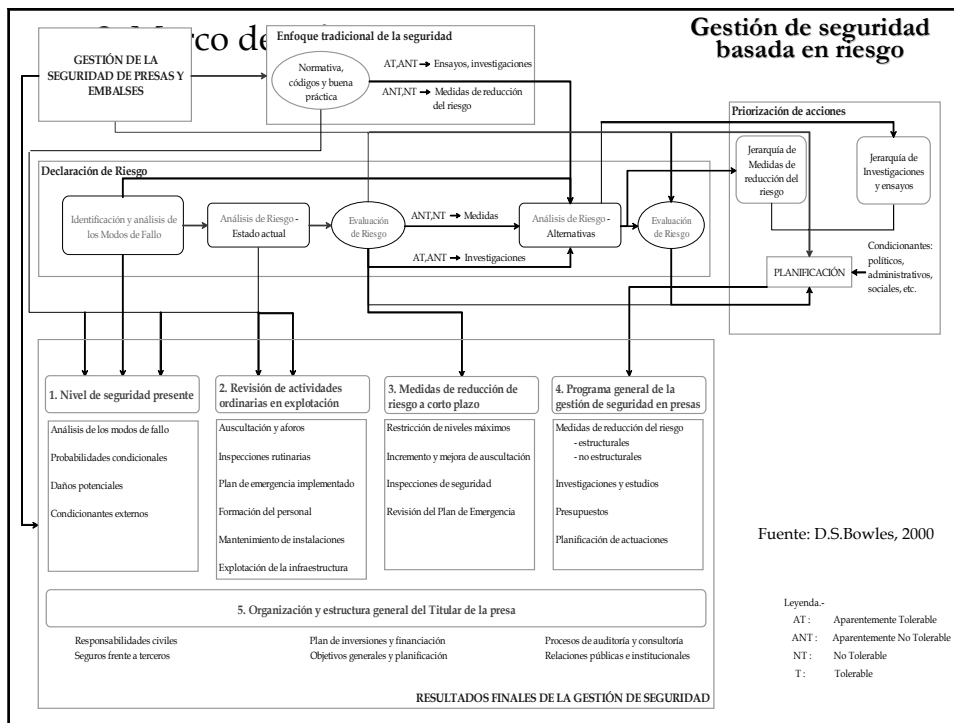


UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE VALENCIA

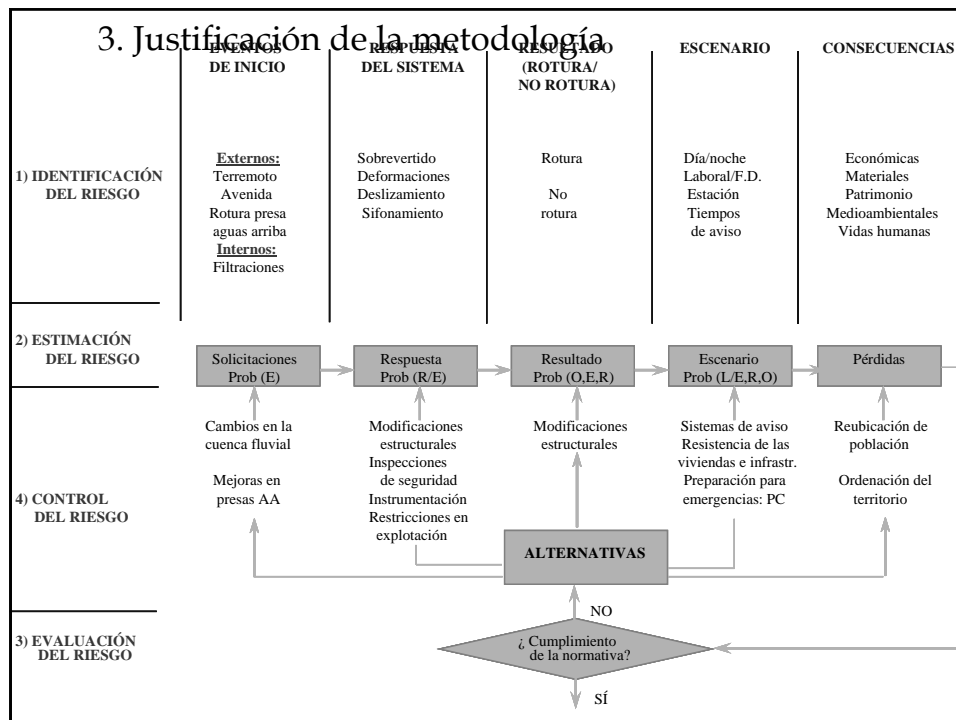


Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

Manuel G. de Membrillera Ortuño - Grupo iPresas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



3. Justificación de la metodología



Indice de contenidos

8

1. Introducción

2. Beneficios del PCAR

3. Fases del PCAR

- 3.1. Aspectos generales
- 3.2. Designación y cometidos del Grupo de Trabajo
- 3.3. Recopilación y organización de la información
- 3.4. Análisis de los modos de fallo potenciales (AMFP)
- 3.5. Documentación preliminar del PCAR
- 3.6. Inspección formal
- 3.7. Revisión de la documentación
- 3.8. Comunicación de resultados e integración en la explotación

4. Conclusiones



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE VALENCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

Manuel G. de Membrillera Ortuño - Grupo iPresas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

2. Beneficios del P.C.A.R.

9

- Recopilar de forma exhaustiva toda la información relacionada con la seguridad de las presas, incluyendo nuevas fuentes
- Jerarquizar y recopilar documentalmente la anterior información, según los nuevos criterios
- Identificar los modos potenciales de rotura en las presas
- Determinar las alternativas de reducción de riesgo de forma estructurada
- Dirigir las actividades de inspección, vigilancia y auscultación de las presas para proporcionar información directa y priorizada sobre los potenciales modos de rotura identificados
- A partir de las actividades anteriores, revisar las normas de explotación para reducir, al máximo y en todos los ámbitos, los riesgos asociados a los modos de rotura identificados



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

Manuel G. de Membrillera Ortuño - Grupo iPresas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Indice de contenidos

10

1. Introducción
2. Beneficios del PCAR
- 3. Fases del PCAR**
 - 3.1. Aspectos generales
 - 3.2. Designación y cometidos del Grupo de Trabajo
 - 3.3. Recopilación y organización de la información
 - 3.4. Análisis de los modos de fallo potenciales (AMFP)
 - 3.5. Documentación preliminar del PCAR
 - 3.6. Inspección formal
 - 3.7. Revisión de la documentación
 - 3.8. Comunicación de resultados e integración en la explotación
4. Conclusiones



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

Manuel G. de Membrillera Ortuño - Grupo iPresas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

1. Designación del Grupo de Trabajo

2. Recopilación y organización de la información

3. Análisis de los Modos de Fallo Potenciales

4. Documentación preliminar

5. Inspección formal de todo el sistema

6. Revisión de la documentación

7. Comunicación de resultados e integración en la explotación:

Actividades recurrentes:

- Inspección
- Vigilancia
- Auscultación

Normas de Explotación

Medidas estructurales:

- Inyecciones
- Drenaje, etc.

Medidas no estructurales:

- Plan de Emergencia
- Incremento auscultación
- Ordenación territorial, etc.



1. Designación y cometidos del Grupo de Trabajo

- La aportación de todos es importante y se tiene en cuenta
- Cualquier persona que haya trabajado en las fases de diseño, construcción, estudios y revisiones de seguridad, reformas o mejoras posteriores y la explotación
- Coordinador de las sesiones
- Consultores externos
- Miembros de la propia organización del Titular
 - Aspectos hidráulicos e hidrológicos
 - Aspectos estructurales
 - Aspectos relacionados con la auscultación
 - Aspectos relacionados con la geología y geotecnia
 - Aspectos relacionados con la seguridad frente antropismo
 - Aspectos relacionados con la explotación y generación
 - Aspectos administrativos e institucionales



2. Recopilación, organización y entrega de la información
 - i. Identificación de la información disponible
 - ii. Documento resumen de la información para el PCAR
 - iii. Recopilación global de toda la información
 - iv. Entrega de la información al Grupo de Trabajo



1. Introducción
2. Beneficios del PCAR
- 3. Fases del PCAR**
 - 3.1. Aspectos generales
 - 3.2. Designación y cometidos del Grupo de Trabajo
 - 3.3. Recopilación y organización de la información
 - 3.4. Análisis de los modos de fallo potenciales (AMFP)**
 - 3.5. Documentación preliminar del PCAR
 - 3.6. Inspección formal
 - 3.7. Revisión de la documentación
 - 3.8. Comunicación de resultados e integración en la explotación
4. Conclusiones



3. Análisis de los modos de fallo potenciales (AMFP)
 - i. Revisión y análisis de la información recopilada
 - ii. Repaso de todos los escenarios de sollicitación:
 - i. Escenario hidrológico
 - ii. Escenario de operación normal
 - iii. Escenario sísmico
 - iv. Escenario por acciones antrópicas
 - iii. Propuesta y descripción de potenciales modos de fallo
 - i. Propuesta y descripción detallada
 - ii. Clasificación según grados
 - iii. Factores a favor y en contra de la aparición del modo



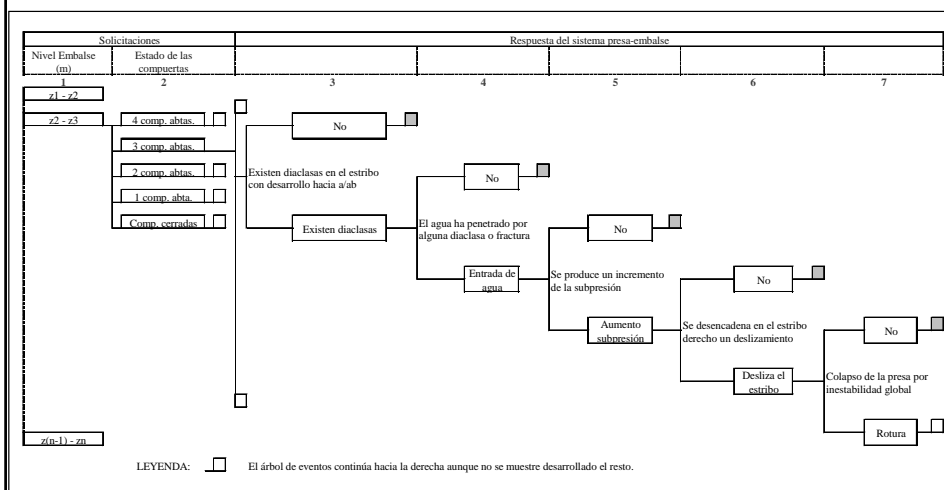
- **Grado I.-** Modos de fallo que claramente se consideren factibles al existir alguna condición o estado sintomático detectado, resultar la serie de eventos probables e implicar consecuencias potenciales importantes.
- **Grado II.-** Modos de rotura considerados igualmente factibles, aunque con menores posibilidades de ocurrir o consecuencias reducidas.
- **Grado III.-** Modos de fallo para los que la información disponible resulta, a todas luces, insuficiente aunque se estiman factibles y con consecuencias potenciales de magnitud elevada. Requieren una campaña de investigación urgente.
- **Grado IV.-** Modos de rotura descartados y cuya aparición no se considera razonable.



3. Análisis de los modos de fallo potenciales (AMFP)

- iv. Para los modos de grado I y II:
 - i. Análisis pormenorizado del mecanismo de rotura
 - ii. Factores a favor y en contra de cada uno de los eventos que componen el mecanismo de rotura

Rotura por deslizamiento en el estribo derecho



ESCUENARIO E1: Evento de Cargas estáticas		19
PRESA:	Gravedad	
RAMA ÁRBOL:	Modos de fallo	
MODO DE FALLO:	Rotura en el cuerpo de presa (RC)	
ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD		
Límite inferior razonable	Estimación media	Límite superior razonable
1.00E-08	1.00E-06	1.00E-04
FACTORES A FAVOR		FACTORES EN CONTRA
Se aprecia un mal estado en el hormigón que forma parte del cuerpo de presa, especialmente en la matriz.		El drenaje ha funcionado correctamente hasta la fecha.
Los áridos utilizados en el hormigón son lajosos y de origen metamórfico en muchos casos.		Existe un control de la presa con revisión semanal de todo el sistema de drenaje.
Un posible fallo del drenaje en el cuerpo de presa.		Se ha inyectado parte del cuerpo de presa.
No se efectúa un aforo de los caudales filtrados.		
Se aprecia numerosas filtraciones entre tongadas del cuerpo de presa y en las juntas de los bloques.		
Se aprecia vegetación en el paramento de aguas abajo.		
NOTAS.-		
Este modo de fallo sólo sería posible en las juntas horizontales entre tongadas al propagarse una fisura y aumentar las subpresiones en ella. En cualquier caso, parece más factible en el caso del evento sísmico.		
Para estimar la probabilidad de rotura asociada a este modo de fallo se ha utilizado los resultados obtenidos, mediante análisis estructural y probabilístico, en el modo de fallo asociado al deslizamiento en el contacto de la presa y el cimiento. Junto con los mencionados cálculos se ha combinado el juicio ingenieril de los autores.		



3. Fases del P.C.A.R.

3.4. AMFP

20

3. Análisis de los modos de fallo potenciales (AMFP)

- iv. Para los modos de grado I y II:
 - i. Análisis pormenorizado del mecanismo de rotura
 - ii. Factores a favor y en contra de cada uno de los eventos que componen el mecanismo de rotura
 - iii. Naturaleza y características de la rotura: velocidad, dimensiones, caudales resultantes
 - iv. Estimación grosera de las consecuencias aguas abajo
 - v. Estimación grosera de las consecuencias económicas
 - vi. Estimación grosera de las consecuencias sobre la generación



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

Manuel G. de Membrillera Ortuño - Grupo iPresas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

3. Análisis de los modos de fallo potenciales (AMFP)

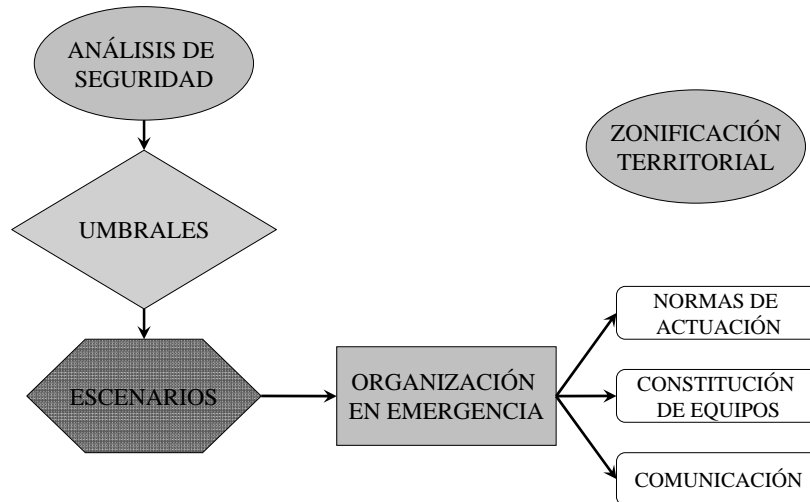
- v. Para los modos de grado I y II, determinación de:
 - i. Necesidades de inspección y vigilancia para la detección
 - ii. Necesidades de auscultación o monitorización
 - iii. Determinación de si los actuales medios de I.V.A. son suficientes
 - iv. Propuesta de nuevas necesidades de I.V.A.
 - v. Propuesta de necesidades de investigación
 - vi. En caso necesario, propuesta de acciones urgentes



3. Análisis de los modos de fallo potenciales (AMFP)

- vi. Para los modos de grado I y II, determinación de:
 - i. Escenarios posibles de rotura
 - ii. Revisión de consecuencias según el tipo de rotura
 - iii. Repercusiones sobre el Plan de Emergencia (medidas de aviso a la población)



Plan de Emergencia (normativa española)

1. Introducción
2. Beneficios del PCAR
- 3. Fases del PCAR**
 - 3.1. Aspectos generales
 - 3.2. Designación y cometidos del Grupo de Trabajo
 - 3.3. Recopilación y organización de la información
 - 3.4. Análisis de los modos de fallo potenciales (AMFP)
 - 3.5. Documentación preliminar del PCAR**
 - 3.6. Inspección formal**
 - 3.7. Revisión de la documentación**
 - 3.8. Comunicación de resultados e integración en la explotación**
4. Conclusiones



4. Elaboración de la documentación preliminar
 - i. Análisis de la información de partida disponible
 - ii. Descripción de los modos de fallo
 - iii. Categorización
 - iv. Desglose del mecanismo para los modos de grado I y II
 - v. Necesidades relativas a I.V.A.
 - vi. Necesidades adicionales de información
 - vii. Necesidades de investigación y ensayos
 - viii. Posibles repercusiones sobre la operación
 - ix. Posibles repercusiones sobre el Plan de Emergencia



5. Inspección formal del sistema
 - Las inspecciones de campo son esenciales en la seguridad de presas y embalses
 - Los objetivos genéricos de una inspección son:
 - Evaluar aspectos estructurales y de operación
 - Identificar deficiencias o problemas y plantear soluciones ajustadas a su severidad
 - Verificar el correcto funcionamiento de los distintos elementos que componen el sistema
 - Las inspecciones, por sí solas, no aseguran la seguridad



- Secuencia básica en una inspección de campo:
 1. Determinación de los objetivos y medios
 2. Revisión de la información básica previa
 3. Visita e inspección de campo
 4. Preparación del informe y análisis de los datos
 5. Comunicación de las conclusiones y recomendaciones al Director del Estudio
 6. Redacción final del informe y recopilación digital de toda la información asociada



- Material general a utilizar durante la inspección
 - Planos básicos de la presa
 - Libreta y bolígrafo
 - Listas de chequeo
 - Grabadora
 - Cámara de fotografías, prismáticos
 - Redondo de acero
 - Nivel
 - Cinta métrica de medida
 - Linterna
 - Pala
 - Martillo de geólogo
 - Cubo y cronómetro
 - Cinta adhesiva, “espray” de marcar y estacas
 - Cuchillo o navaja
 - “Kit” de primeros auxilios



■ Material general a utilizar durante la inspección



■ Material especializado

- Cámara de video
- Clinómetro
- Caudalímetro portátil
- Medios para inspección televisiva de tuberías
- Radios de comunicación a distancia
- Material de escalada y descenso
- Barca
- Sonda piezométrica
- Ordenador portátil o lector de frecuencias



- Material de seguridad y salud
 - Casco
 - Cuerdas
 - Botas de seguridad
 - Guantes
 - chaleco salvavidas
 - chaleco reflectante
 - Gafas de seguridad
 - Antídoto para mordedura de serpientes
 - Repelente de mosquitos



- a) Objetivos de la inspección
- Detectar potenciales deficiencias según el tipo de presa y sus características
 - Localizar elementos, diseños o procedimientos constructivos que no cumplen el estado del arte
 - Problemas en la cimentación y estribos
 - Prever la futura respuesta frente a distintos escenarios de sollicitación
 - Operatividad de equipos y medios
 - Análisis de estructuras o componentes sometidos recientemente a esfuerzos o situaciones de trabajo anormales
 - Cuestiones no abordadas en inspecciones anteriores
 - Estado y condición general del sistema presa-embalse



a) Objetivos de la inspección

- Es importante tener claro:
 - Tipo, objetivos y alcance de la inspección
 - Orden a seguir durante la inspección
 - Equipos que vayan a ser probados
 - Compuertas de aliviadero
 - Desagües de fondo y tomas
 - Grupos electrógenos, etc.
 - Medios materiales requeridos
 - Materiales especializados y de SS



a) Objetivos de la inspección

- Es importante tener claro:
 - Medios humanos requeridos
 - Presencia de ingenieros y encargado
 - Buzos u operarios especializados
 - Especialistas: geotécnico, geólogo, auscultación, equipos hidromecánicos, etc.
 - Permisos o avisos necesarios (suelta de caudales por desagües o aliviadero, etc.)
 - Tiempo necesario: viajes, estancia, manutención



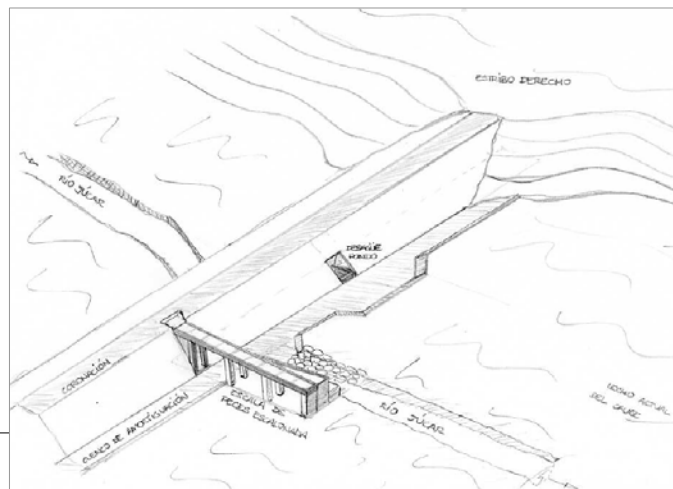
b) Secuencia de la inspección

- Inspección de la coronación
- Inspección del paramento de aguas arriba
- Inspecciones subacuáticas
- Inspección del paramento de aguas abajo
- Inspección de galerías y cámaras
- Inspección de equipos hidromecánicos
- Inspección de la cerrada
- ;;;; Inspección del cauce aguas abajo !!!!

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE VALENCIAInstituto de Ingeniería del
Agua y Medio AmbienteManuel G. de Membrillera Ortuño - Grupo iPresas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

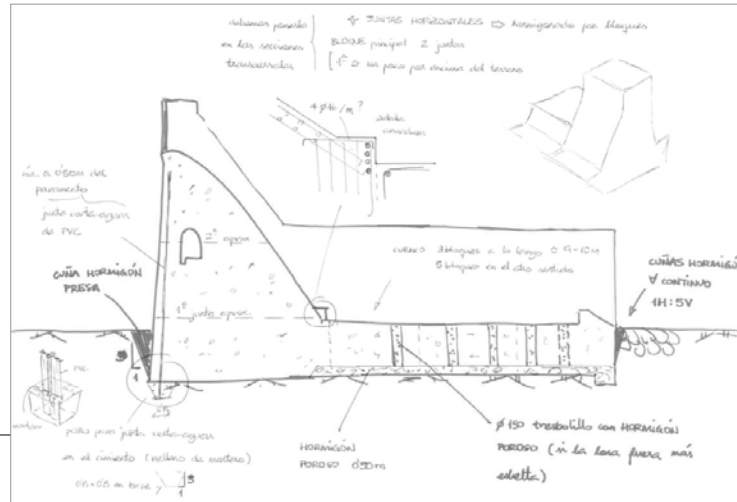
c) Documentación de campo

- Esquemas y dibujos



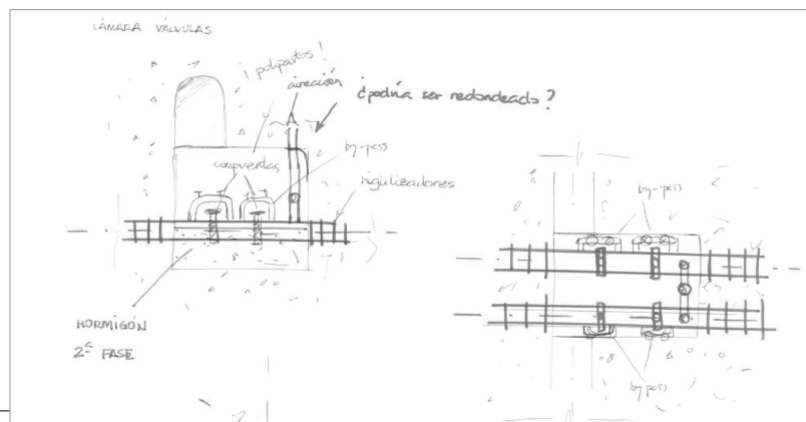
c) Documentación de campo

■ Esquemas y dibujos



c) Documentación de campo

■ Esquemas y dibujos



c) Documentación de campo

■ Mediciones in situ

- Aforo de filtraciones en diversos puntos
- Apertura y profundidad de fisuras
- Distancias varias
- Tiempos en realización de maniobras ...

■ Fotografías

- Coronación
- Paramentos y bermas
- Galerías de inspección
- Desagües y tomas ...



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

Manuel G. de Membrillera Ortuño - Grupo iPresas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

c) Documentación de campo

■ Listas de chequeo

FICHA 1.- CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA		Edad	INFORMACIÓN DISPONIBLE
1	Nombre de la presa		
2	Características DTM		
3	Administración responsable		
4	Definición zona coronación		
5	Referencia topográfica		
6	Referencia geológica		
7	Función del embalse		
8	Volumen al N.M.E.	litro	
9	Volumen al N.A.E.	litro	
10	Volumen a cualquier altitud	litro	
11	Superficie embalsada (N.M.E.)	Ha	
12	Fecha de construcción		
13	Tipología de presa		
14	Tipología de aliviadero		
15	Características geológicas		
16	Desagües: tipo/s y localización/es		
17	Aliviadero: tipo y localización		
18	Reformas o obras acometidas desde la construcción		
19	Embalvas aguas arriba: altura y volumen		
20	Embalvas aguas abajo: altura y volumen		
21	Aliviadero: tipo y localización		
22	OTRAS DIMENSIONES	Edad	INFORMACIÓN DISPONIBLE
23	Otras (construcción/cemento)	m	
24	Coronación		
25	N.M.E.		
26	N.A.E.		
27	Pi de aguas abajo		
28	Luchas del curso aguas abajo		
29	Luchas del curso aguas arriba		
30	Pared aguas arriba	HIV	
31	Pared aguas abajo	HIV	
32	Volado material de cemento	HIV	
33	Pasadas bermas (costa y ancho)	m	
34	Volumen del cuerpo de presa	m ³	
35	Materiales del cuerpo de presa		

FICHA 1.- CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA (continuación)		Edad	INFORMACIÓN DISPONIBLE
36	AUSENCIA DE		
37	Tipología hidráulica, funcional, (deformación, var. Esfericas (localización y número))	Tipos nº y perfil	
38	ANÁLISIS DE SEGURIDAD	Edad	INFORMACIÓN DISPONIBLE
39	Proyecto de construcción		
40	Plan de Emergencia		
41	Normas de explotación		
42	Plano (diseño, detalle, seccion, etc.)		
43	Última inspección (fecha y estado)		
44	Estudios específicos: hidrológicos, sísmicos, cimentación, geología, vases, hidrogeología, etc.		

FICHA 2.- ANOTACIONES DURANTE LA VISITA DE CAMPO			
SE	ELEMENTO ANALIZADO	CONSEJOS DE TRABAJO DE LOS AGENTES CON LA PROTECCIÓN DE BARRAS	FECHA DEL ANO FECHADO LA VISITA
1	Estado de la presa		
2	Localización en los alrededores de la obra	DESARROLLO DE LA VISITA	
3	Características		
4	Características		
5	Características		
6	Características		
7	Características		
8	Características		
9	Características		
10	Características		
11	Características		
12	Características		
13	Características		
14	Características		
15	Características		
16	Características		
17	Características		
18	Características		
19	Características		
20	Características		
21	Características		
22	Características		
23	Características		
24	Características		
25	Características		
26	Características		
27	Características		
28	Características		
29	Características		
30	Características		
31	Características		
32	Características		
33	Características		
34	Características		
35	Características		
36	Características		
37	Características		
38	Características		
39	Características		
40	Características		
41	Características		
42	Características		
43	Características		
44	Características		
45	Características		
46	Características		
47	Características		
48	Características		
49	Características		
50	Características		
51	Características		
52	Características		
53	Características		
54	Características		
55	Características		
56	Características		
57	Características		
58	Características		
59	Características		
60	Características		

c) Documentación de campo

- Reglas básicas que debe aplicarse para documentar cualquier deficiencia o problema de interés detectado en una inspección de campo:

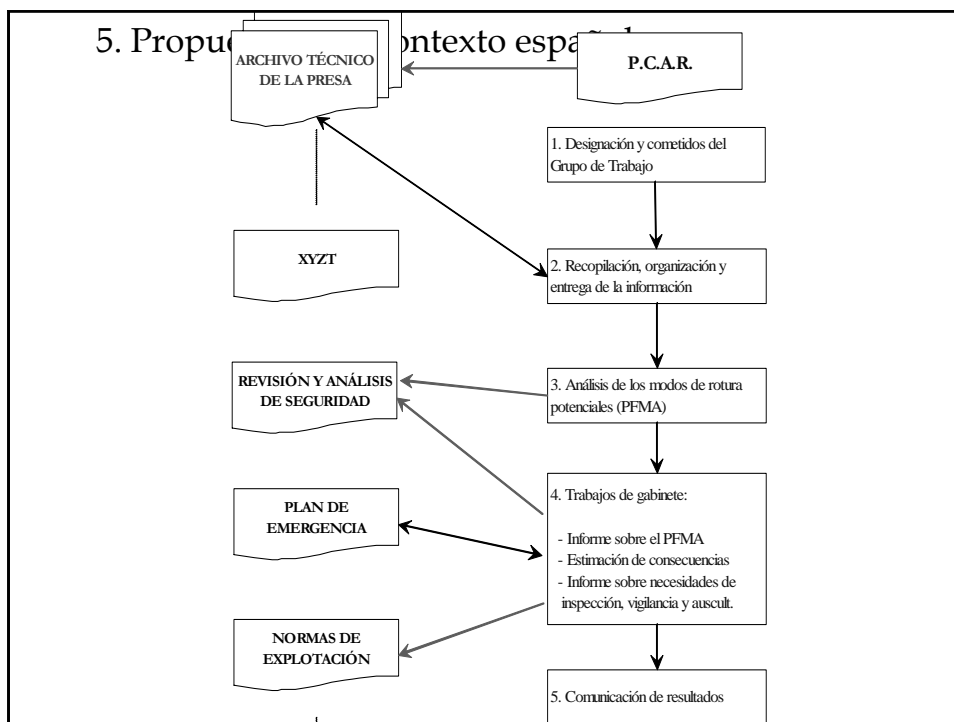
C.M.F.U.

- Croquis
- Medición
- Fotografía
- Ubicación o localización




5. Inspección formal del sistema
6. Revisión de la documentación preliminar tras la inspección formal
7. Comunicación de resultados e integración en la explotación






Indice de contenidos 44

1. Introducción
2. Beneficios del PCAR
3. Fases del PCAR
 - 3.1. Aspectos generales
 - 3.2. Designación y cometidos del Grupo de Trabajo
 - 3.3. Recopilación y organización de la información
 - 3.4. Análisis de los modos de fallo potenciales (AMFP)
 - 3.5. Documentación preliminar del PCAR
 - 3.6. Inspección formal
 - 3.7. Revisión de la documentación
 - 3.8. Comunicación de resultados e integración en la explotación
4. Conclusiones



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE VALENCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

Manuel G. de Membrillera Ortuño - Grupo iPresas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

- En relación con el PCAR:
 - Puede proporcionar una información objetiva e inédita de cara a la toma de decisiones en materia de gestión de seguridad
 - Se elabora una documentación que sirve como base para los próximos lustros del Proyecto
 - Como beneficios directos puede ayudar a especificar:
 - las necesidades de investigación,
 - la organización de los trabajos de inspección visual,
 - la toma de registros y análisis posterior de la auscultación,
 - la determinación de alternativas de reducción de riesgo, tanto estructurales como no estructurales
 - Complementa al enfoque tradicional y sus documentos asociados



Necesidades inherentes al PCAR

ANTES:

- Determinar la información a recopilar
 - Programa de seguridad de presas y embalses
 - Propietario o titular de las presas
 - Sectores y grupos involucrados



Necesidades inherentes al PCAR

DURANTE:

- Llevar a cabo una detallada Identificación de los modos de fallo
 - Es la base del análisis de riesgos
- Consistencia en la aplicación
 - La clave ha sido, muchas veces, la participación de un reducido grupo de expertos y revisores
- Tener en cuenta la aplicación de medidas parciales de reducción del riesgo



Necesidades inherentes al PCAR

DESPUÉS:

- Tener en cuenta y comunicar las incertidumbres
- Integración eficiente y efectiva de los resultados
 - Facilitar una amplia participación de la gerencia en el proceso
- Compromiso firme por llevar a cabo una actualización



DESARROLLO DE EJEMPLOS PRÁCTICOS CON PARTICIPACIÓN DE TODOS LOS ASISTENTES



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

Manuel G. de Membrillera Ortuño - Grupo iPresas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos