



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, PESCA  
Y ALIMENTACIÓN

# CLASIFICACIÓN DE BALSAS

## Revisión y aprobación de propuestas de clasificación

**Pablo Lucio Pérez Senderos**

Jefe de Área de Supervisión de Proyecto

Subdirección General de Regadíos e  
Infraestructuras Rurales

Dirección General de Desarrollo  
Rural, Innovación y Política  
Forestal

**Diseño, Construcción, Explotación, Mantenimiento y  
Seguridad en Balsas de Riego**

**23 de octubre de 2019**

## **I. La posibilidad de rotura existe**

## **II. Legislación**

## **III. Criterios de clasificación de balsas**

- ¿Qué balsas deben ser clasificadas?
- Volumen movilizable
- Categorías y criterios de clasificación
- Guía Técnica

## **IV. Metodología**

- Escenarios de rotura
- Tiempo de rotura y forma de la brecha
- Condicionantes (cauce, límite del estudio, etc.)
- Modelización propagación onda

# ¡La posibilidad de rotura existe!



Fisura en el dique de la  
balsa de Valverde de la Vera



Rotura por tubificación

Rotura por asentamiento  
del terreno



# Legislación

- ❖ Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (febrero de 1995).
- ❖ Reglamento del Dominio Público Hidráulico (modificación de enero de 2008).
- ❖ Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses (marzo de 1996).
- ❖ Guía Técnica para la clasificación de presas en función del riesgo potencial (noviembre 1996)  
[Este texto no es una norma]

# ¿Qué balsas deben ser clasificadas?

Artículo 367 del RDPH. Obligaciones del titular

- $H > 5$  metros      ó
- $Vol > 100.000 \text{ m}^3$

Obligación de los titulares de solicitar su clasificación y registro.

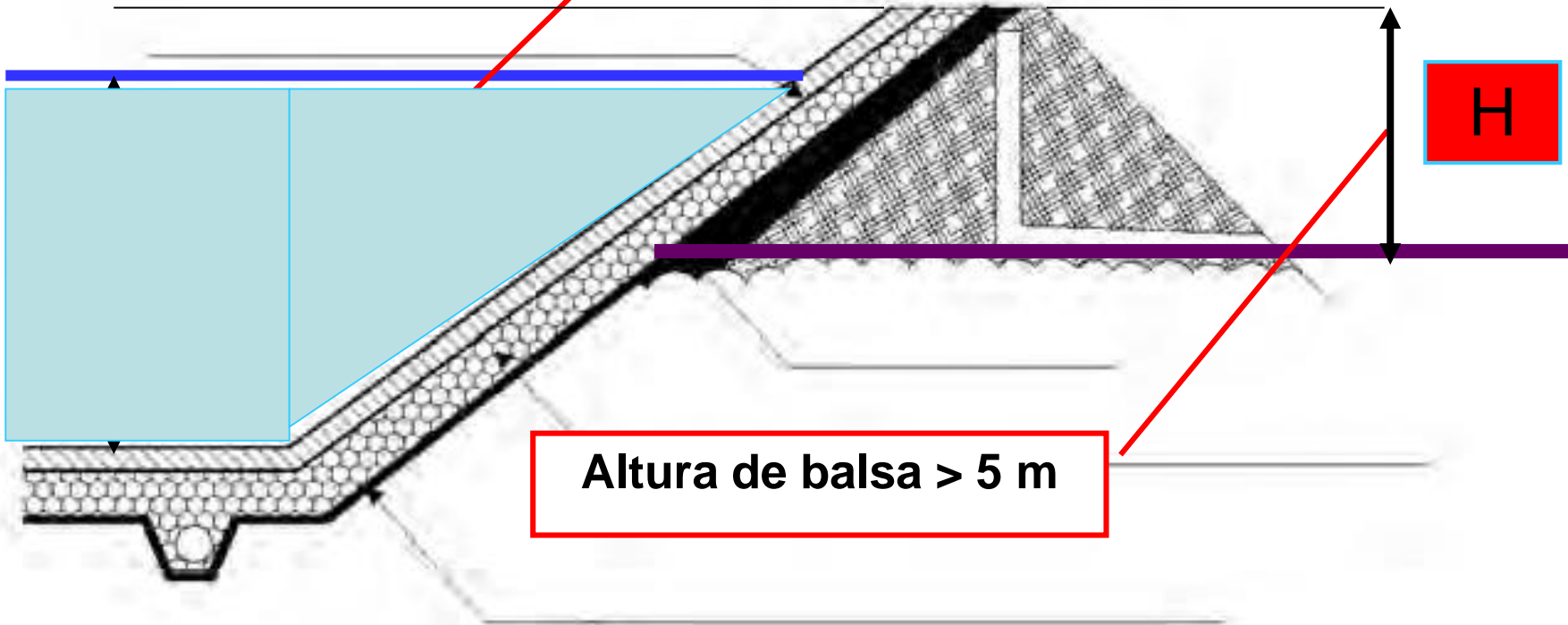
Artículo 357 del RDPH. Definiciones. Apartado d)

**Altura de balsa (H):**

Diferencia de cota entre el punto más bajo de la cimentación del talud exterior del dique de cierre y el punto más alto de la estructura resistente.

# ¿Qué balsas deben ser clasificadas?

Volumen de la balsa  
 $> 100.000 \text{ m}^3$

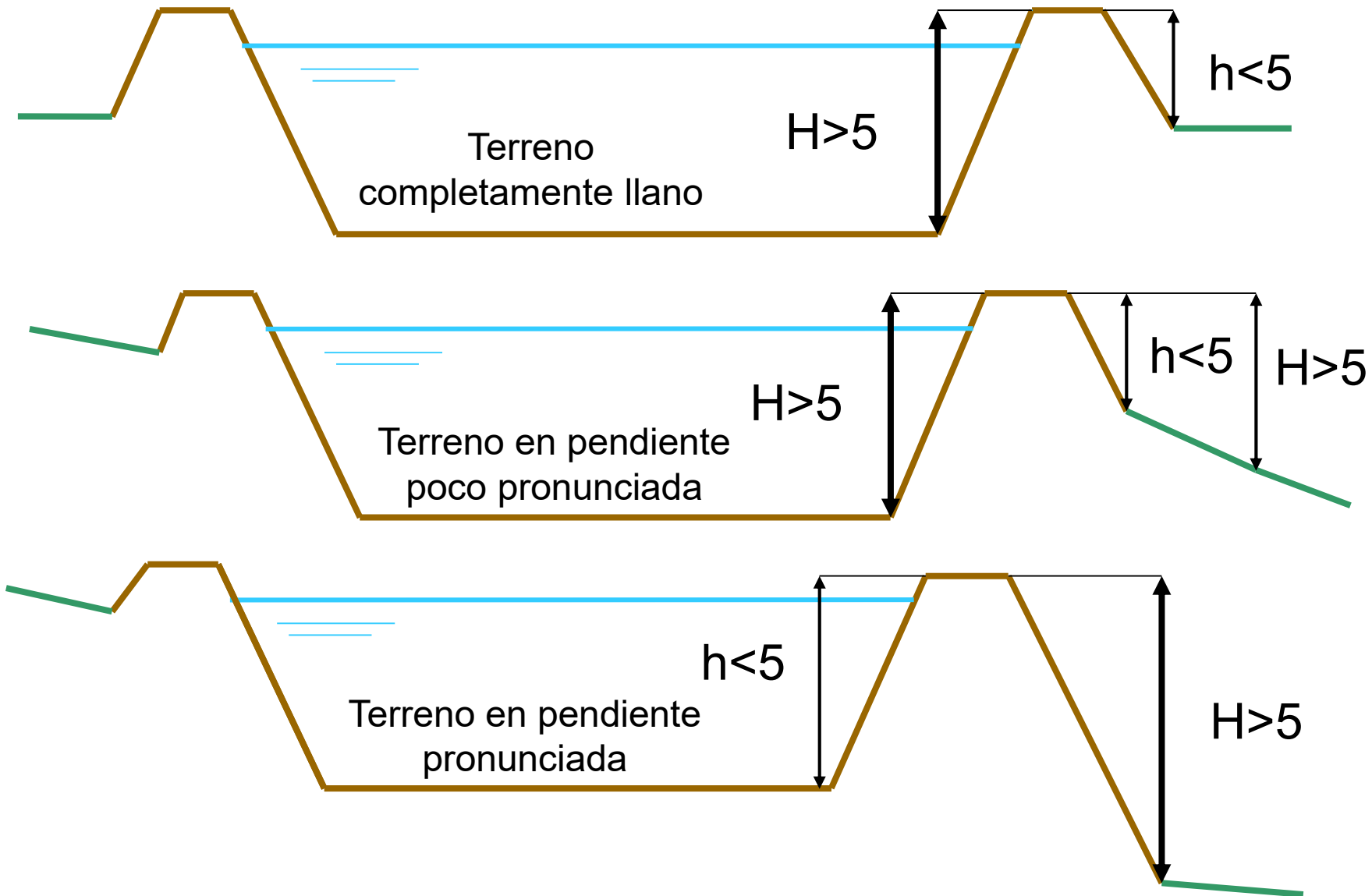


Altura de balsa  $> 5 \text{ m}$

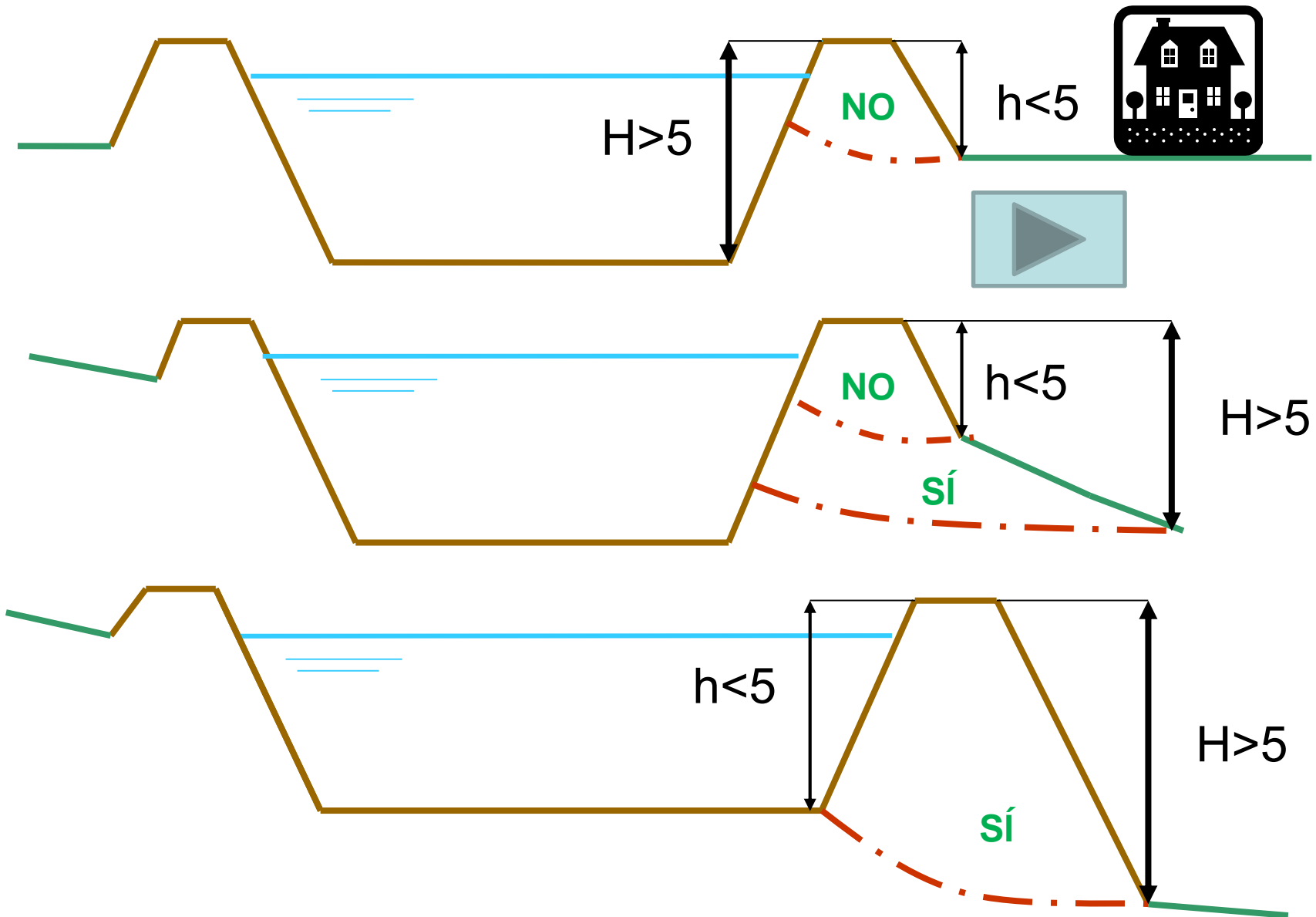
H



# ¿Qué balsas deben ser clasificadas?



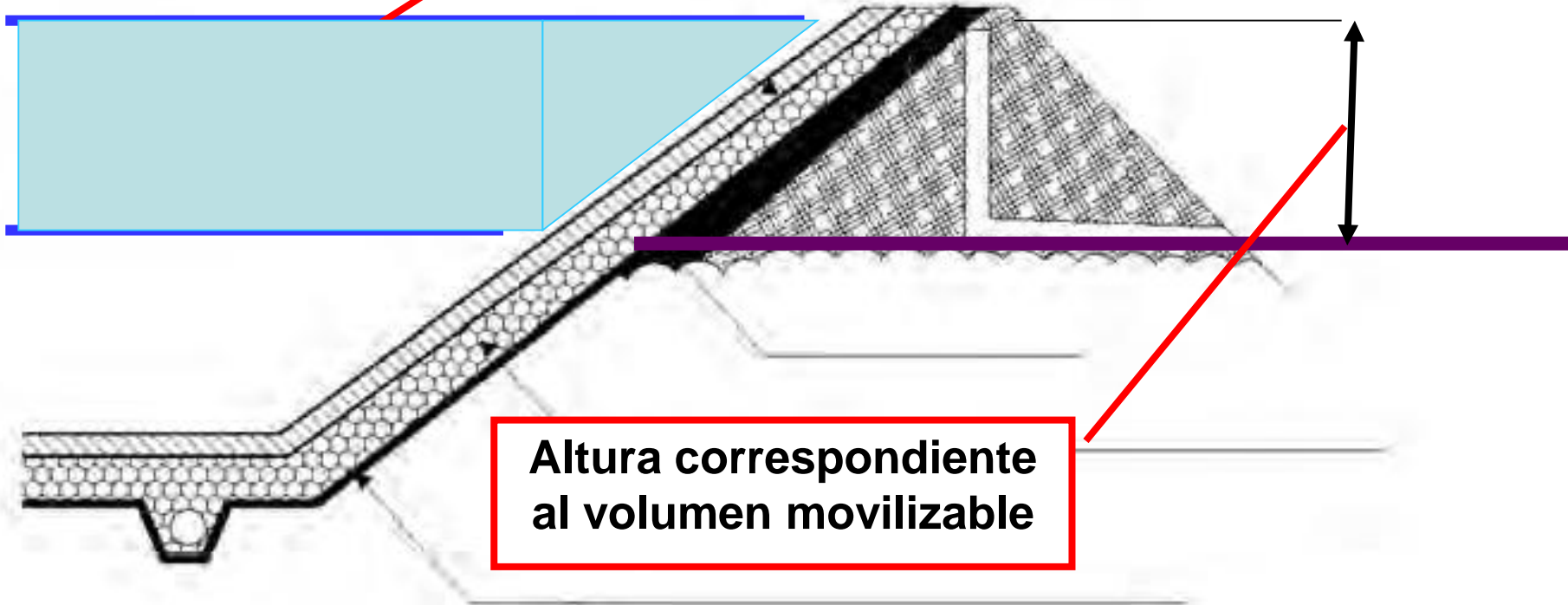
# ¿Qué balsas deben ser clasificadas?



# Volumen movilizable: concepto

Volumen de embalse que podría causar daños en caso de rotura del dique

NME



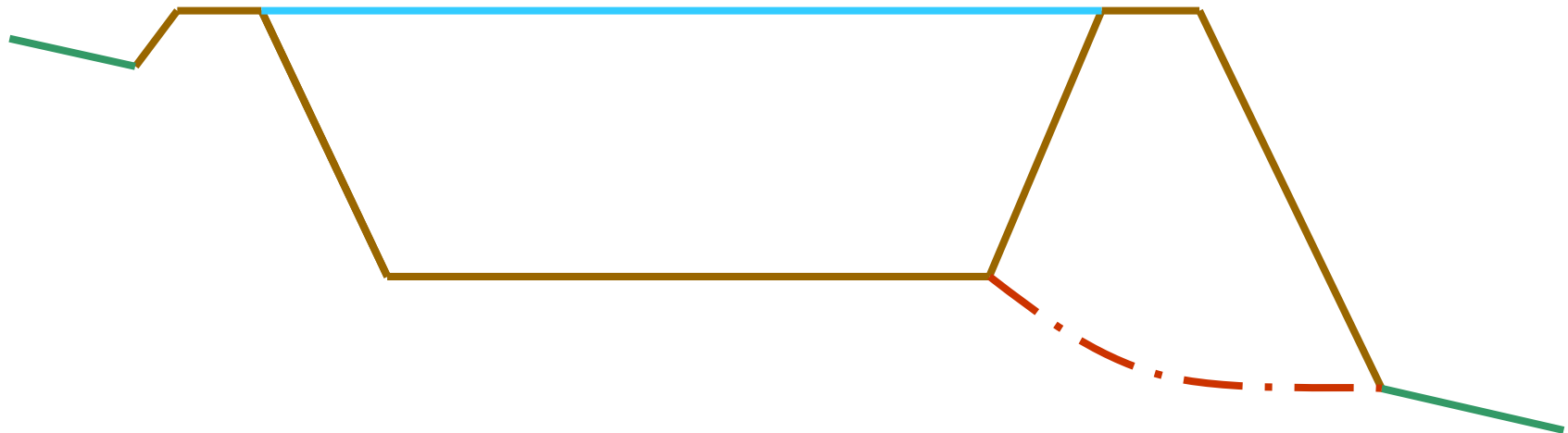
Altura correspondiente al volumen movilizable

# Volumen movilizable: dudas

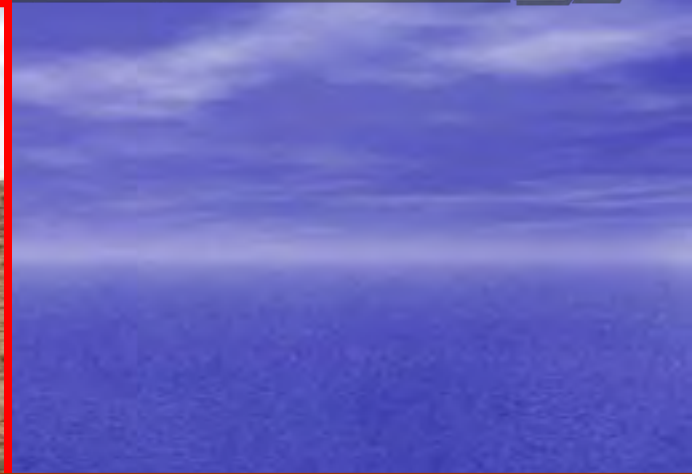
¿Por dónde va a romper este dique?



¿Debemos considerar el volumen hasta cota de coronación?



# Volumen movilizable: dudas



# Volumen movilizable: dudas

Aliviadero en tubo



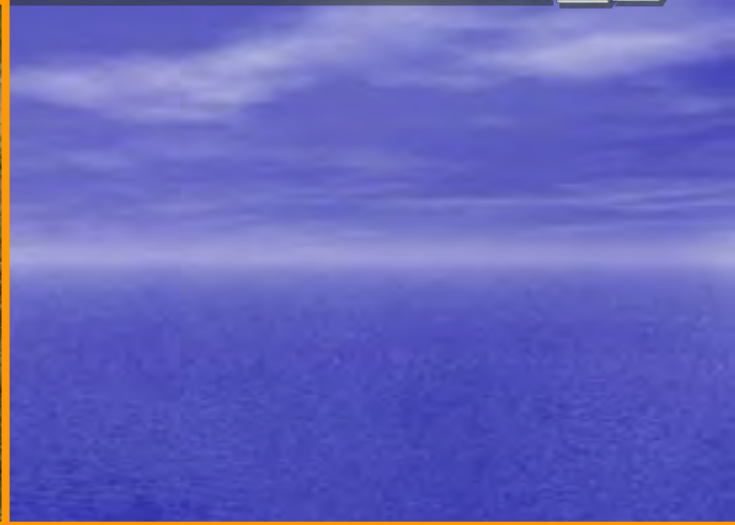
# Volumen movilizable: dudas



Aliviadero en tubo

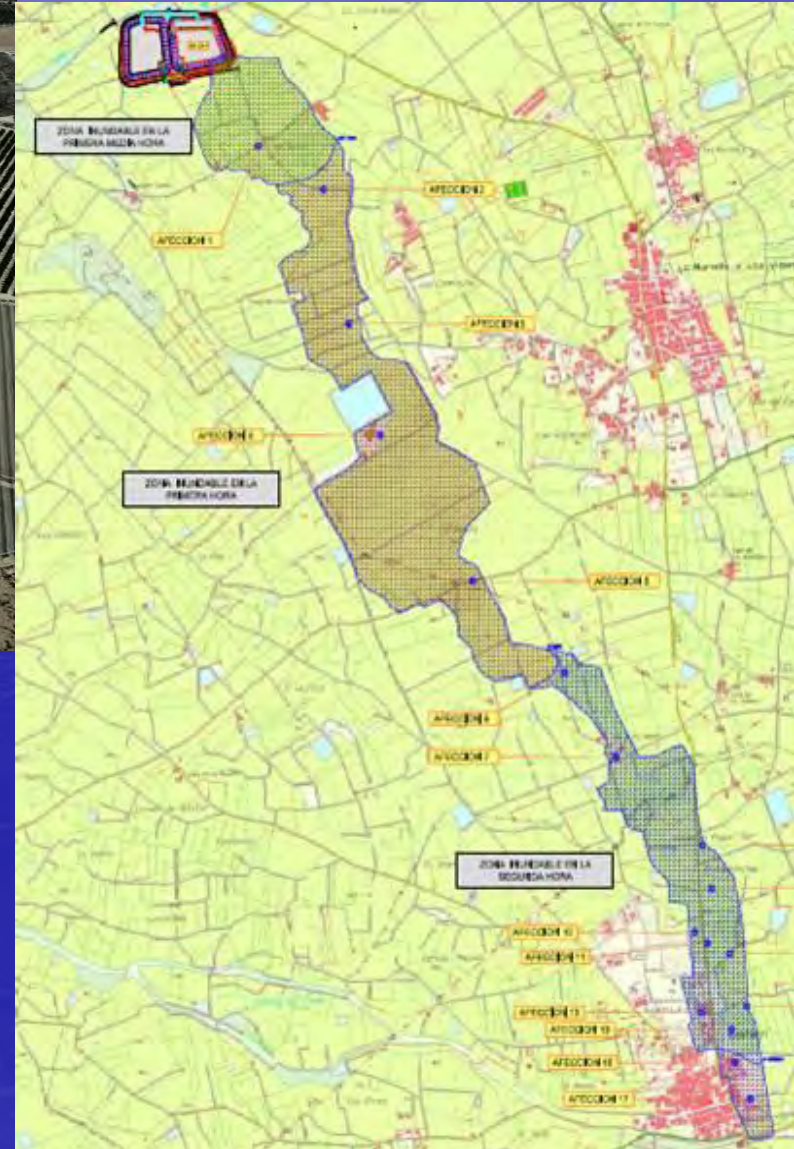


# Volumen movilizable: dudas





# Volumen movilizable: dudas



## Balsas unidas/separadas

- A efectos normativos ¿Las consideramos una única balsa?
- ¿Cuál sería el volumen movilizable?

# Criterios de clasificación: categorías

## CATEGORÍA A

Balsas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar **gravemente** a núcleos urbanos o servicios esenciales, así como producir daños materiales o medioambientales **muy importantes**.

## CATEGORÍA B

Balsas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede ocasionar daños medioambientales o materiales **importantes** o afectar a un **número reducido** de viviendas.

## CATEGORÍA C

Balsas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de **moderada importancia** y solo incidentalmente pérdida de vidas humanas.

**Criterios de calificación CUALITATIVOS, no cuantifican.**

**El elemento primordial son las VIDAS HUMANAS**

serie monografías

## Clasificación de presas en función del riesgo potencial

Guía Técnica



Ministerio de Medio Ambiente  
Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas

### CRITERIOS:

- a) Definición categorías
- b) Valoración afecciones. Daños:
  - a) A poblaciones y vidas humanas
  - b) A servicios esenciales
  - c) Materiales
  - d) Medioambientales
- c) Análisis de la rotura
  - a) Brecha de rotura
  - b) Propagación de la onda de avenida

## Afección a núcleos urbanos (VIDAS HUMANAS):

**a) Afección grave:** afección a más de 5 viviendas habitadas y que represente riesgo en función del calado y velocidad del agua.

**b) Afección a un número reducido de viviendas:** cuando afecta entre 1 y 5 viviendas habitadas.

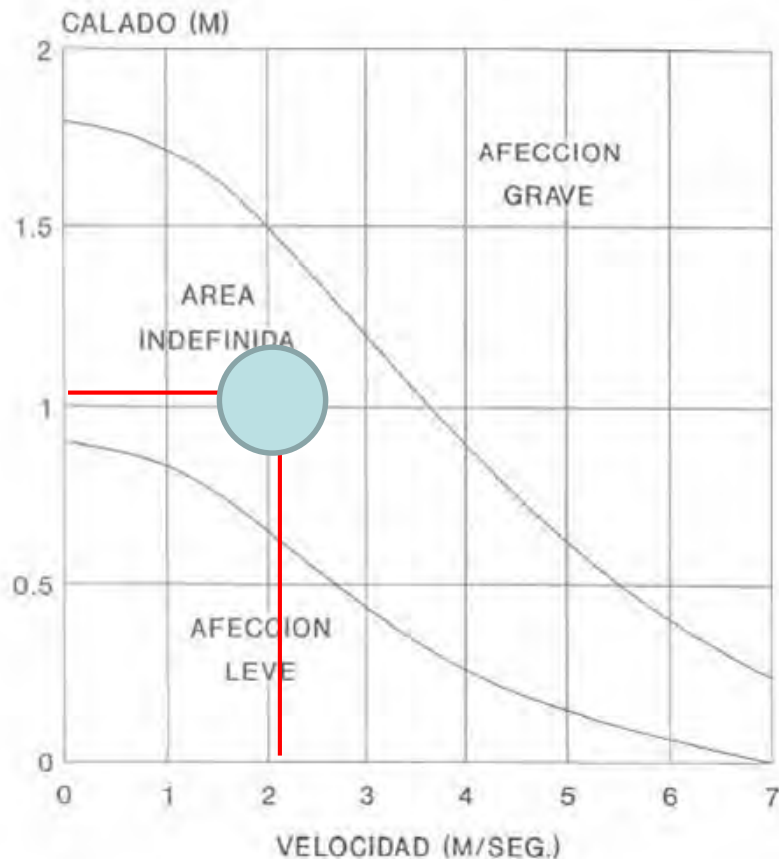
**c) Pérdida incidental de vidas humanas:** no se consideran a efectos de la clasificación.

**Se considerará también grave la afección a áreas de acampada estables, zonas en que se produzcan habitualmente aglomeraciones, etc.**

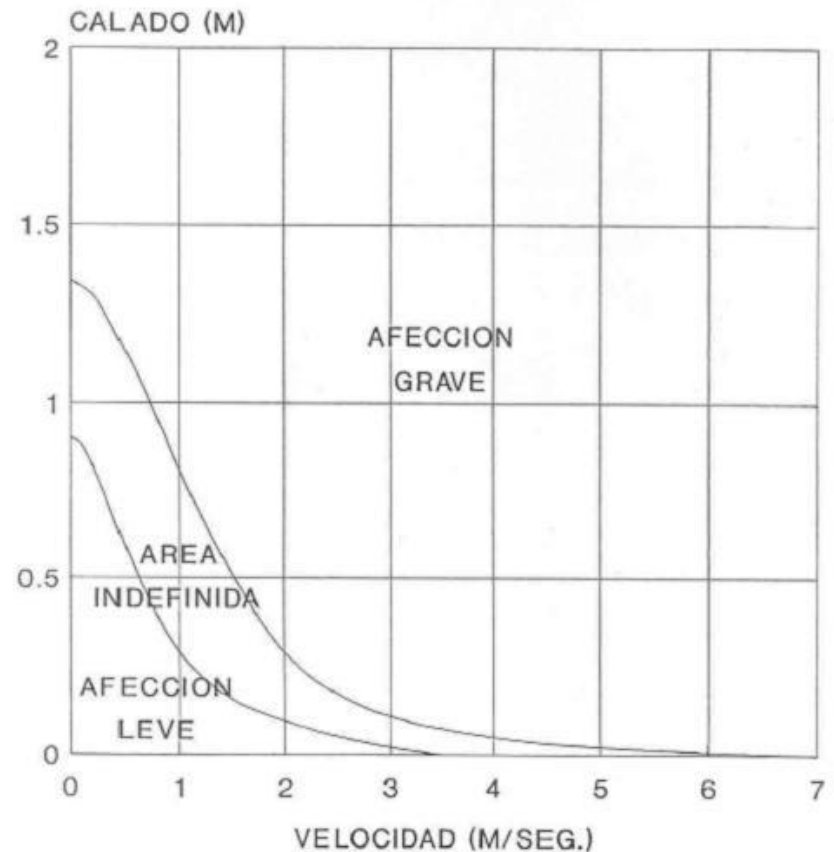
# Criterios de clasificación: afecciones

## Gráficos afección en función del calado y la velocidad

RIESGO PARA VIDAS HUMANAS EN FUNCION DEL CALADO Y LA VELOCIDAD  
A) EN AREAS DE VIVIENDAS/NUCLEOS URBANOS



RIESGO PARA VIDAS EN FUNCION DEL CALADO Y LA VELOCIDAD  
B) EN CAMPO ABIERTO



# Crterios de clasificacin: afecciones

## Artculo 9 del RDPH.

Define la zona donde se pueden producir graves daos durante una avenida sobre las personas y los bienes cuando se cumpla alguna de estas condiciones:

- a) Que el calado sea superior a 1,0 m
- b) Que la velocidad sea superior a 1,0 m/s
- c) Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s



# Criterios de clasificación: afecciones

## **Afección a SERVICIOS ESENCIALES:**

**(Aquellos de los que dependan al menos 10.000 habitantes y que no pueda ser reparado de forma inmediata):**

- a) Abastecimiento y saneamiento**
- b) Suministro de energía**
- c) Sistema sanitario**
- d) Sistema de comunicaciones**
- e) Sistema de transportes**

## **DAÑOS MATERIALES:**

**(Aquellos soportados por terceros cuantificables en términos económicos)**

- a) Daños a la industria y a polígonos industriales**
- b) Daños a las propiedades rústicas**
- c) Daños a cultivos**
- d) Daños a las infraestructuras**

## **DAÑOS MEDIOAMBIENTALES:**

**(Bienes declarados de Interés Cultural, Parques Nacionales, Parques Naturales, especies protegidas, etc.)**

# Criterios de clasificación: afecciones

## CLASIFICACION DE LOS DAÑOS MATERIALES

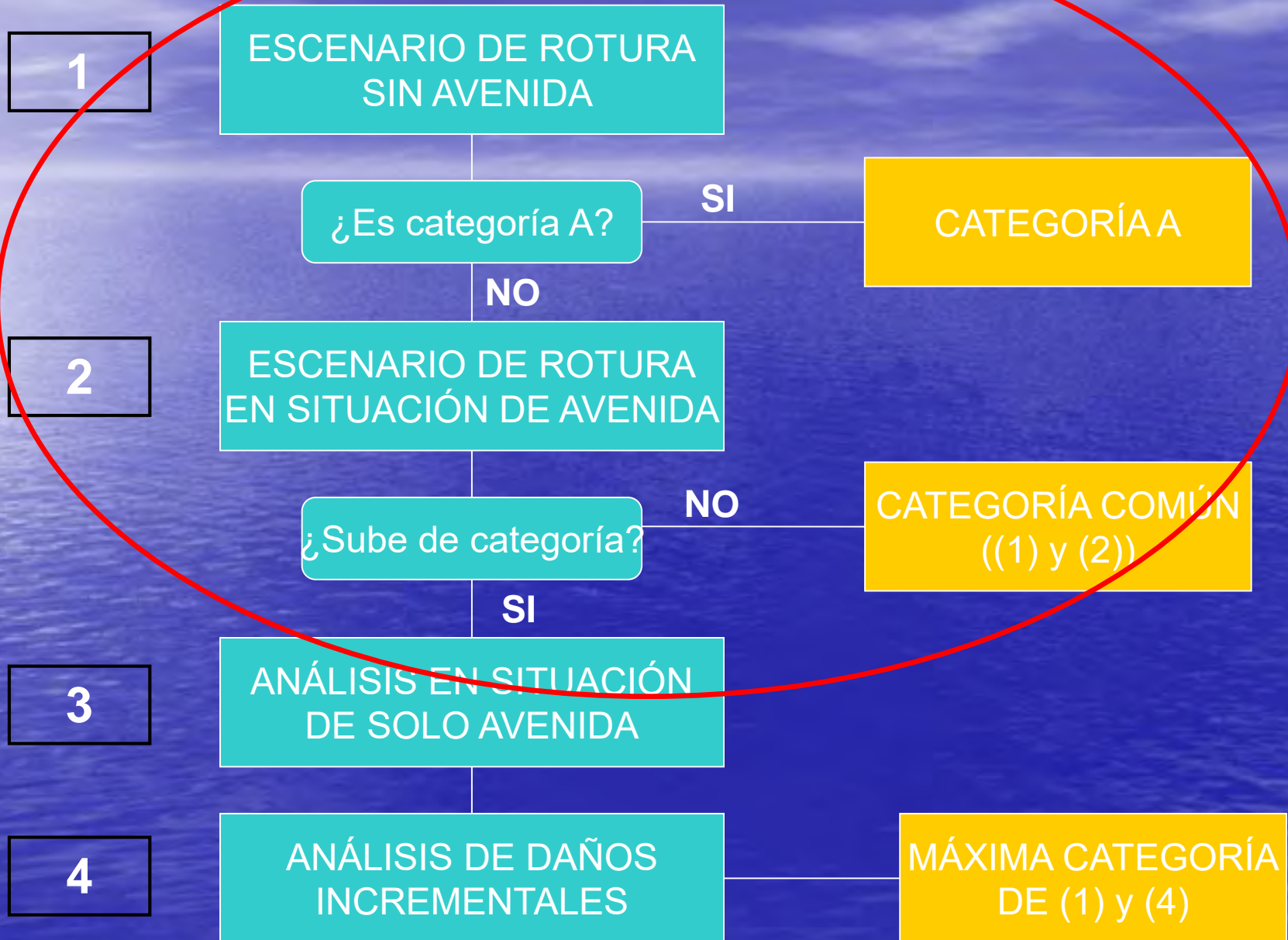
ELEMENTO	DAÑOS POTENCIALES		
	MODERADOS	IMPORANTES	MUY IMPORTANTES
Industrias y polígonos industriales y propiedades rústicas <sup>1</sup>	n° de instalaciones < 10	10 < n° de instalaciones < 50	n° de instalaciones > 50
Cultivos de secano	Superficie < 3.000 Has	3.000Has < superficie < 10.000Has	Superficie > 10.000 Has
Cultivos de regadío	Superficie < 1.000 Has	1.000Has < superficie < 5.000Has	Superficie > 5.000 Has
Carretera		Red general de las CC.AA. u otras redes de importancia equivalente	Red general del estado y red básica de las CC.AA.
Ferrocarriles		ff.cc. via estrecha	ff.cc. via ancha y alta velocidad





- a) Rotura sin avenida (H1).** Nivel del embalse en su máximo nivel normal de explotación NMN.
- b) Rotura en situación de avenida (H2).** Nivel del embalse en coronación. (Situación de avenida para balsas: se considera que está entrando el máximo caudal de aportación por la obra de entrada, coincidente con las máximas precipitaciones esperadas).
- c) Rotura encadenada**  
(No procede para balsas)

# Metodología



# Metodología



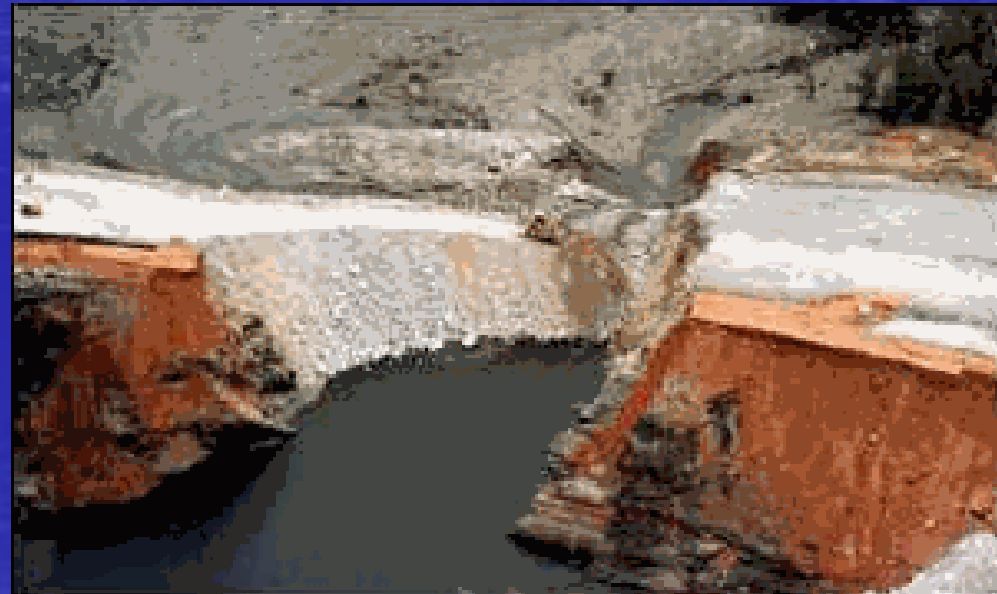
# Metodología: rotura del dique

## Tiempo de rotura:

$$T \text{ (horas)} = 4,8 V^{0,5} (Hm^3) / h \text{ (m)}$$

## Forma de rotura: Trapecial

- Profundidad de la brecha: hasta el contacto con el cauce en el pie del talud
- Ancho medio de la brecha:  $b(m) = 20 (V(Hm^3) * h(m))^{0,25}$
- Taludes: 1:1 (H:V)



# Metodología: Llanura de inundación



## Topografía del cauce o llanura de inundación

### Rugosidad:

Ven Te Chow




Instrucción 5.1-IC Drenaje



## Obstrucciones en el cauce y fenómenos locales

### Límite del estudio:

- a) Se llegue a un elemento afectado que conduzca a categoría A
- b) Entrada en un embalse capaz de recibir la avenida sin producir rebosamiento por la presa
- c) Llegar a un cauce con un caudal máximo inferior a la capacidad del mismo
- d) Desembocar en el mar
- e) No ocupación aguas abajo de viviendas ni servicios, etc.



¿Por dónde podría romper esta balsa?

# Metodología: estudiar varias roturas



# Metodología: propagación onda

**MÉTODOS** para el estudio de la formación y propagación de la onda de avenida:

- a) Método completo. Modelos hidráulicos completos
- b) Método simplificado de modelización
- c) Método mixto hidrológico-hidráulico
- d) Método simplificado de curvas envolventes
- e) El buen juicio ingenieril



**TIPOS DE MODELOS:**

- a) Para cauces bien definidos modelos unidimensionales (HEC-RAS, DAMBRK)
- b) Para llanuras de inundación, valles sinuosos, etc. modelos bidimensionales (Iber, GUADFlow2D)



# Metodología: modelo unidimensional



PLANTA GUÍA

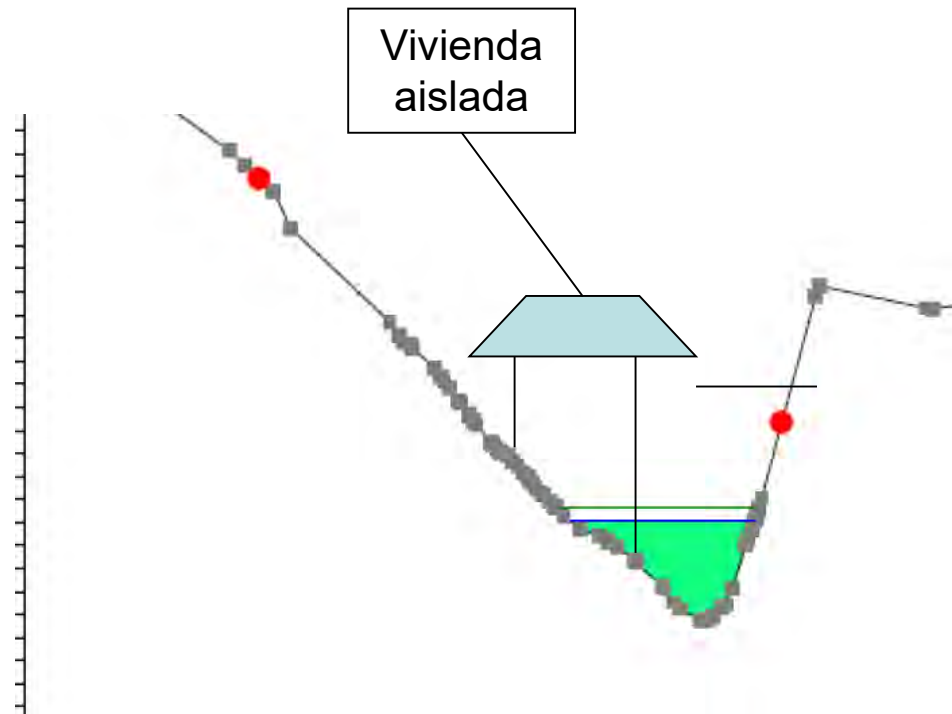
BALSA DEHESILLA 2



# Metodología: modelo unidimensional

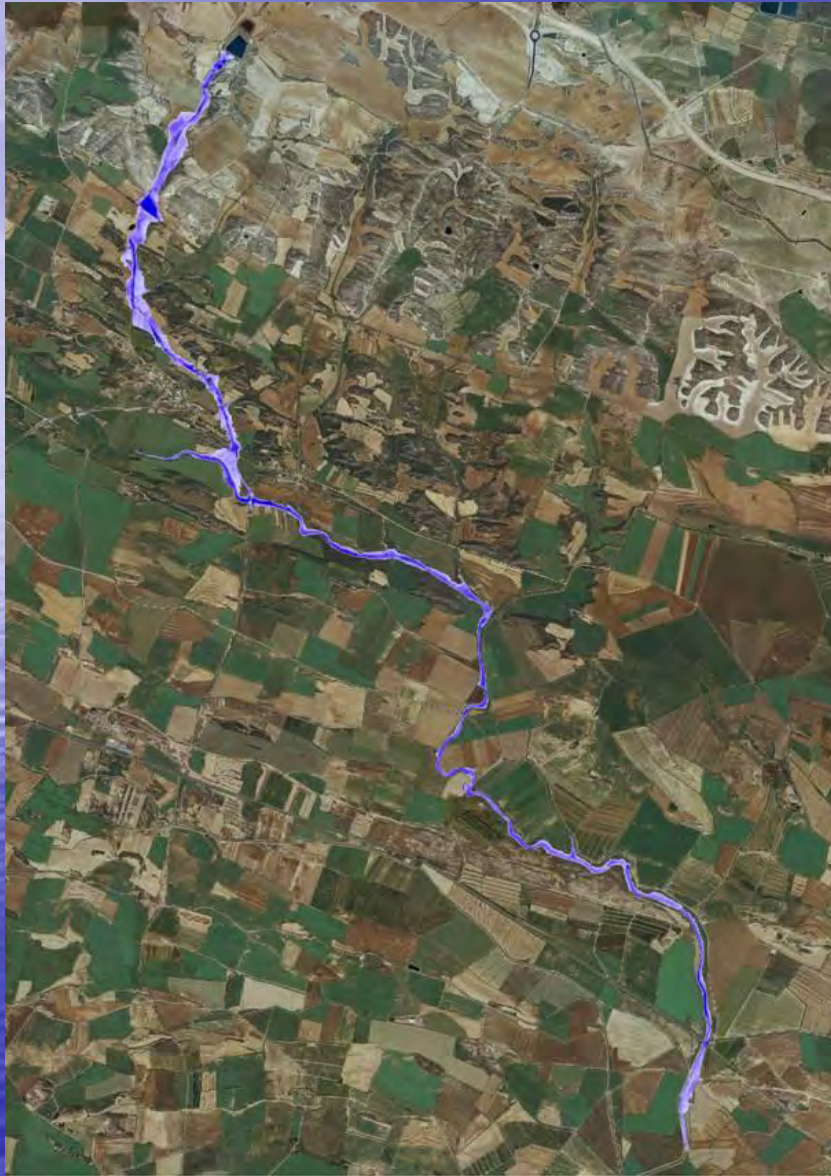


Coordenadas UTM Huso 30  
X: 345.278  
Y: 4.727.294



pK	Descripción	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Calado (m)	Cota afección	Cota avenida	Velocidad (m/s)	Grado afección
3+308	Casa habitada	21,77	0,21	495,10	495,31	1,08	Leve

# Metodología: modelo bidimensional

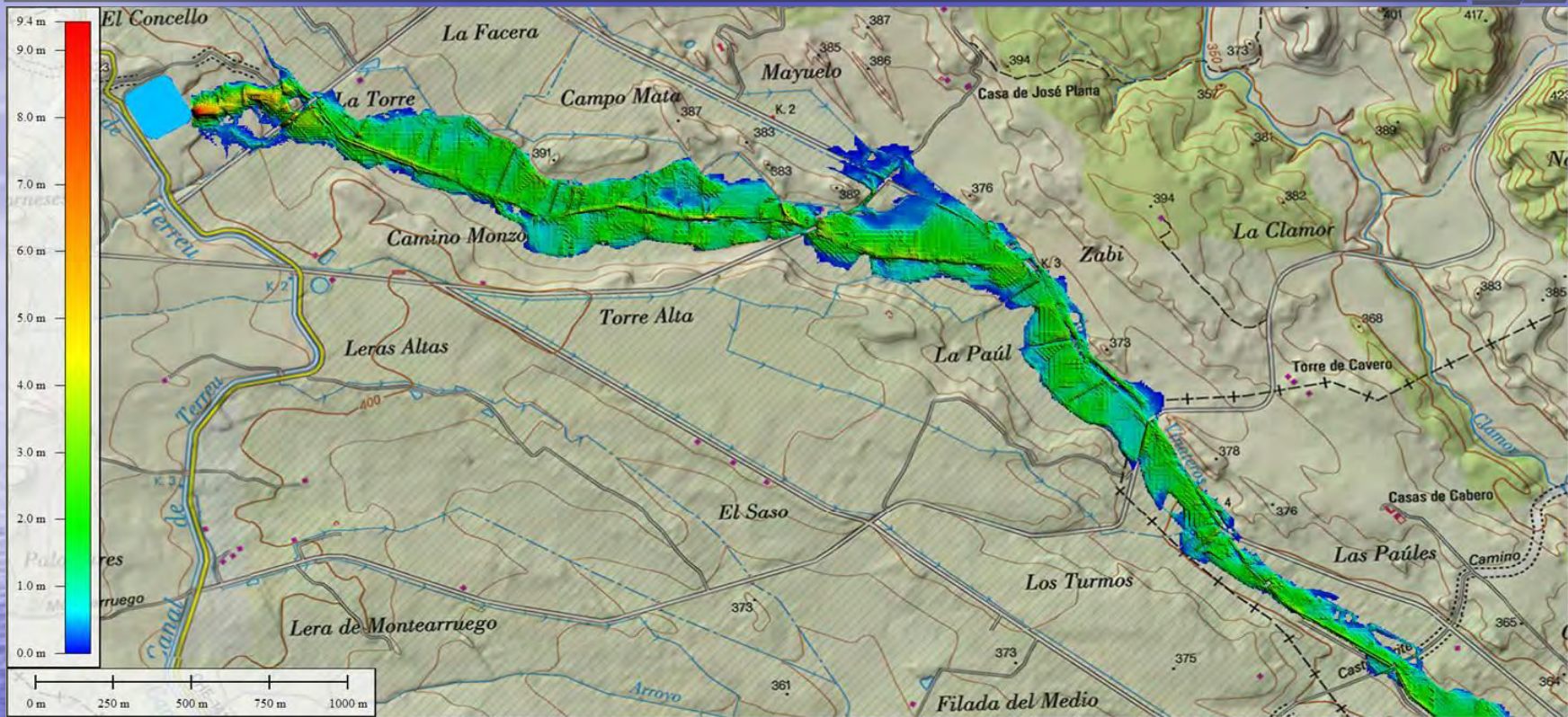


Envolvente de calados



Envolvente de velocidades





# Metodología: modelo bidimensional



## Traducir imágenes: Tabla de afecciones calado y velocidad

CLAVE	PK	COORDENADAS		DESCRIPCION	COTA LECHO	COTA ELEMENTO	COTA AGUA	CALADO	VELOCIDAD	CAUDAL	TIEMPO AVENIDA	TIEMPO AFECCION	AFECCION	TIPO AFECCION
		X UTM	Y UTM											
S1	0+030	754125	4654176	INMEDIACIONES DE LA BALSA	406.38	--	408.42	2.04	7.38	144.63	0 h 00 min	3 h 01 min	--	--
S2	6+080	751487	4653299	TRAMO 3 CTRA. HÚ-6500	325.17	328.75	326.62	--	4.52	35.58	1 h 15 min	--	NO	--
S3	8+650	753142	4651694	CARRETERA A-1226	306.10	313.80	310.30	--	1.82	12.91	2 h 24 min	--	NO	--
S4	10+220	754362	4651096	CAÑADA REAL	300.87	303.7	303.71	0.01	0.77	11.43	3 h 02 min	--	SI	LEVE
								0.10	0.01	3 h 20 min	0 h 13 min			
S5	16+620	757506	4647320	CARRETERA A-1223	271.00	281.30	273.40	--	1.77	7.26	5 h 24 min	--	NO	--
S6	16+620	757506	4647320	FINAL TRAMO ESTUDIO	270.64	--	273.60	2.96	1.42	7.06	5 h 25 min	1 h 32 min	--	--

# Metodología: recomendaciones

- Definir y justificar el límite del estudio
- Estudiar todas las posibles roturas 
- Información gráfica clara (manchas de inundación del programa muchas veces tapan afecciones) 
- Ortofotos del área de estudio actualizadas
- Planos topográficos de la llanura de inundación con líneas y cotas de nivel
- Planos a escala suficiente para poder definir afecciones 
- Perfiles de los puntos de afección 
- Valores de caudal, velocidad, cotas y situación en el punto de afección
- Analizar las posibles obstrucciones y puntos singulares
- Trabajo de campo



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

**Muchas gracias por su atención**

**Pablo Lucio Pérez Senderos**  
**ppsenderos@mapama.es**

# Coeficiente de Manning

Instrucción 5.1-IC Drenaje



Coef. de Manning

## Cunetas y canales sin revestir

En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa

0,020-0,025

En tierra ordinaria, superficie irregular

0,025-0,035

En tierra con vegetación espesa

0,040-0,050

En tierra excavada mecánicamente

0,028-0,033

En roca, superficie uniforme y lisa

0,030-0,035

En roca, superficie con aristas e irregularidades

0,035-0,045

## Corrientes Naturales

Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente

0,027-0,033

Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente, algo de vegetación

0,033-0,040

Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia

0,035-0,050

Lentas, con embalses profundos y canales ramificados

0,060-0,080

Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa

0,100-0,200<sup>1</sup>

Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña

0,050-0,080

Áreas de inundación adyacentes al canal ordinario

0,030-0,200<sup>1</sup>

# Metodología: modelo bidimensional





# Coincidencias que ocurrieron en Tous

1. Lluvias muy intensas 19 y 20 de octubre de 1982
2. Los desagües de fondo estaban siendo reparados
3. Se cortó el suministro eléctrico
4. Los dos grupos electrógenos que se instalaron cuando se construyó la presa estaban fuera de servicio
5. Se trajo un nuevo grupo electrógeno para dar servicio a los desagües de fondo pero se encontraba en la torre de toma, lejos del accionamiento de las compuertas
6. El mecanismo manual de apertura de las compuertas no funcionó
7. La tarde del 19 los operarios se fueron a la 18:00 una vez terminada su jornada laboral
8. La mañana del 20 de octubre no se podía tener acceso al grupo electrógeno de la torre de toma



# Código Civil y Código Penal



## CODIGO CIVIL

*Artículo 389.- Si un edificio, pared, columna o **cualquiera otra construcción amenazase ruina**, el propietario estará obligado a su demolición, o a ejecutar las obras necesarias para evitar su caída. (Luego el artículo 391 te remite al 1907)*

*Artículo 1907.- **El propietario de un edificio es responsable de los daños que resulten de la ruina** de todo o parte de él, si ésta sobreviniere por falta de las reparaciones necesarias.*

*Artículo 1909.- Si el daño de que tratan los dos artículos anteriores resultare por **defecto de construcción**, el tercero que lo sufra sólo podrá repetir **contra el arquitecto**, o, en su caso, **contra el constructor**, dentro del tiempo legal.*

## CÓDIGO PENAL

*Artículo 109.1.- La ejecución de un hecho descrito por la ley como delito obliga a reparar, en los términos previstos en las leyes, los daños y perjuicios por él causados.*

*Artículo 348.1.- Los que en la fabricación, manipulación, transporte, tenencia o comercialización de explosivos, sustancias inflamables o corrosivas, tóxicas y asfixiantes, o **cualesquiera otras materias**, aparatos o artificios **que puedan causar estragos**, contravinieran las normas de seguridad establecidas, poniendo en concreto peligro la vida, la integridad física o la salud de las personas, o el medio ambiente, serán castigados con la pena de prisión de...*



# Buen juicio ingenieril



En muchas ocasiones con los datos topográficos, ortofotos e información geográfica disponible en las páginas Web oficiales del ING o el MAGRAMA, y una **exhaustiva visita de campo**, mediante el juicio ingenieril podemos concluir que una balsa será clasificada en la categoría A, B ó C.

1. Si aguas abajo enseguida encontramos un elemento afectado que conduce a categoría A.
2. Si no existen potenciales afecciones de viviendas, servicios, bienes económicos o aspectos medioambientales: categoría C.
3. Entrada en un embalse o un río capaz de recibir la onda de avenida sin provocar daños ni vertidos: categoría C

