GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

# CLASIFICACIÓN DE BALSAS

## Revisión y aprobación de propuestas de clasificación


**Pablo Lucio Pérez Senderos**

**Jefe de Servicio de Proyectos y Obras**

**Subdirección General de Infraestructuras y Tecnología**

**Dirección General del Agua**


**JORNADA "SEGURIDAD EN BALSAS DE RIEGO"**

**16 de marzo de 2016**

# ÍNDICE


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!

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 $m^3$**

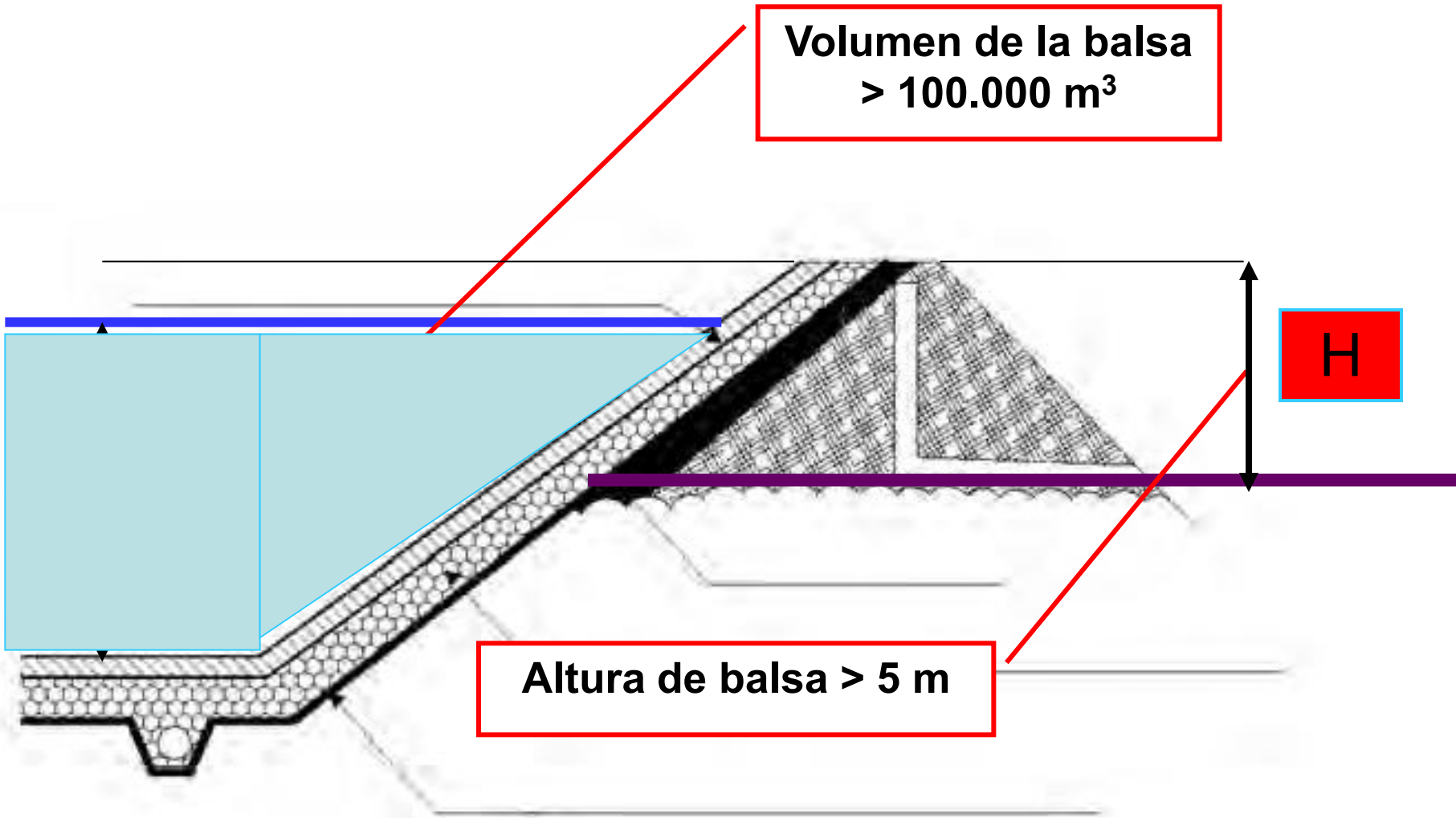
**Obligación de los titulares de solicitar su clasificación y registro.**

**Artículo 357 del RDPH. Definiciones. Apartado d)**

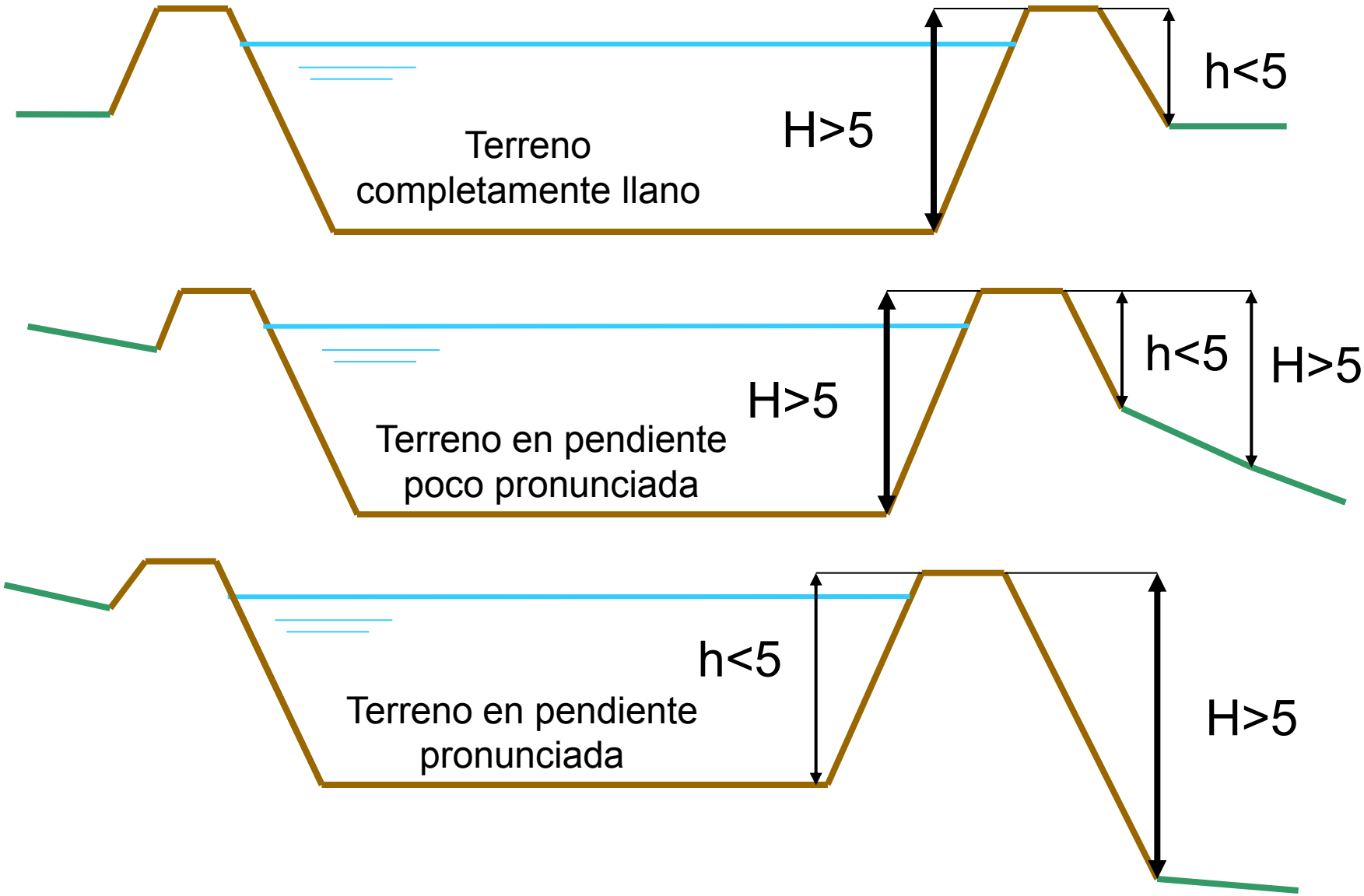
**Altura de balsa (H):**

**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.**

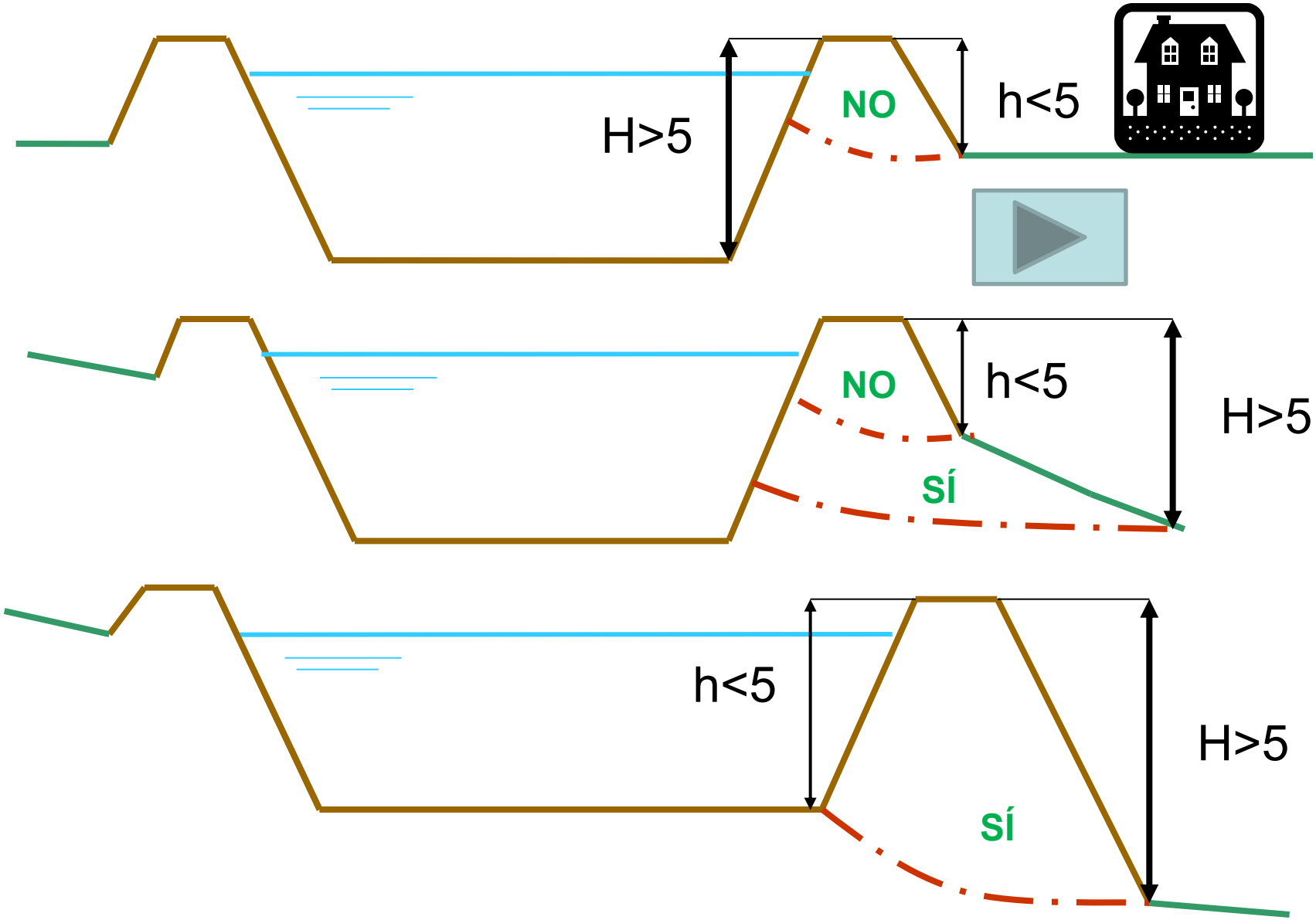
# ¿Qué balsas deben ser clasificadas?



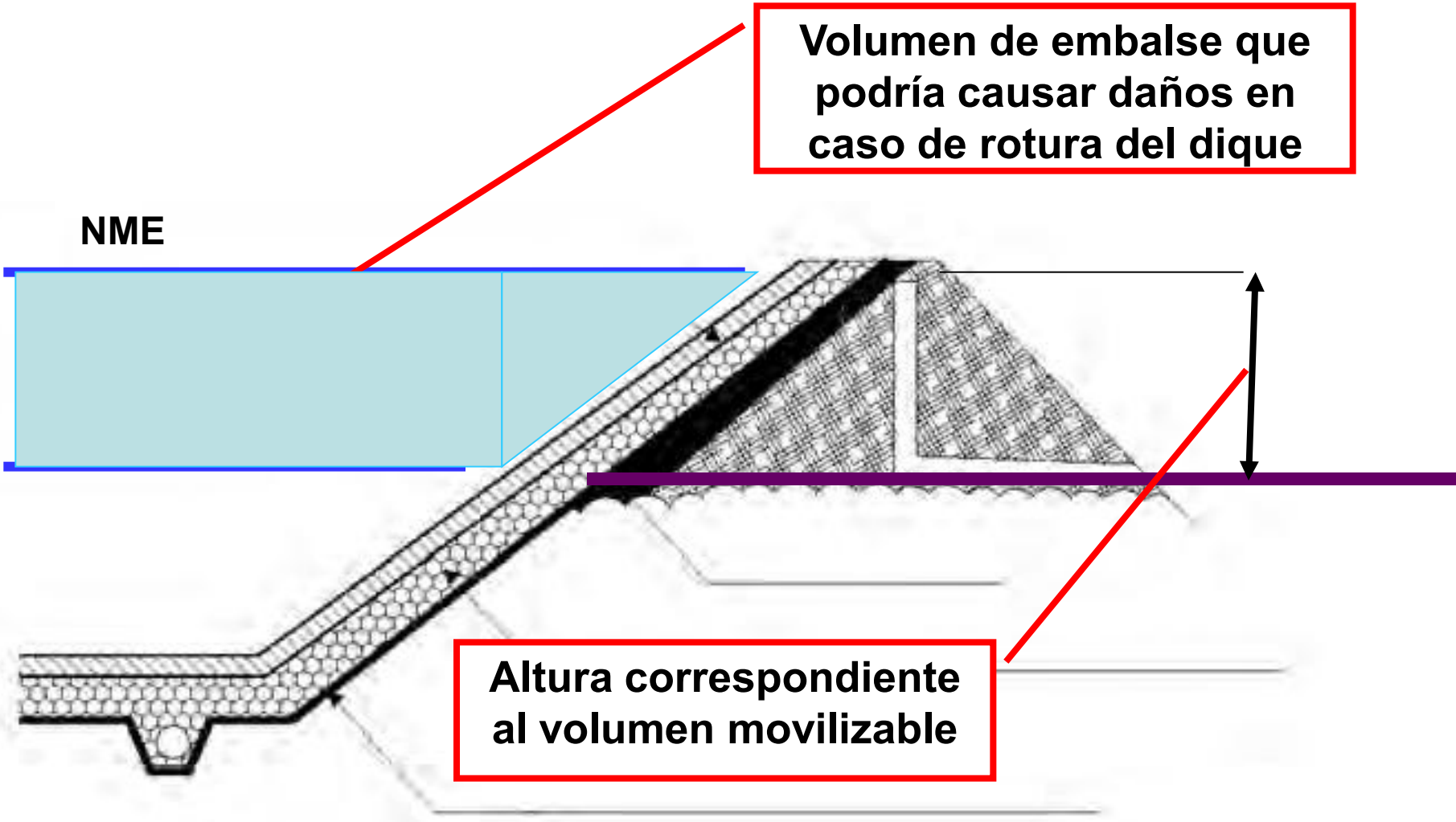
# ¿Qué balsas deben ser clasificadas?



# ¿Qué balsas deben ser clasificadas?



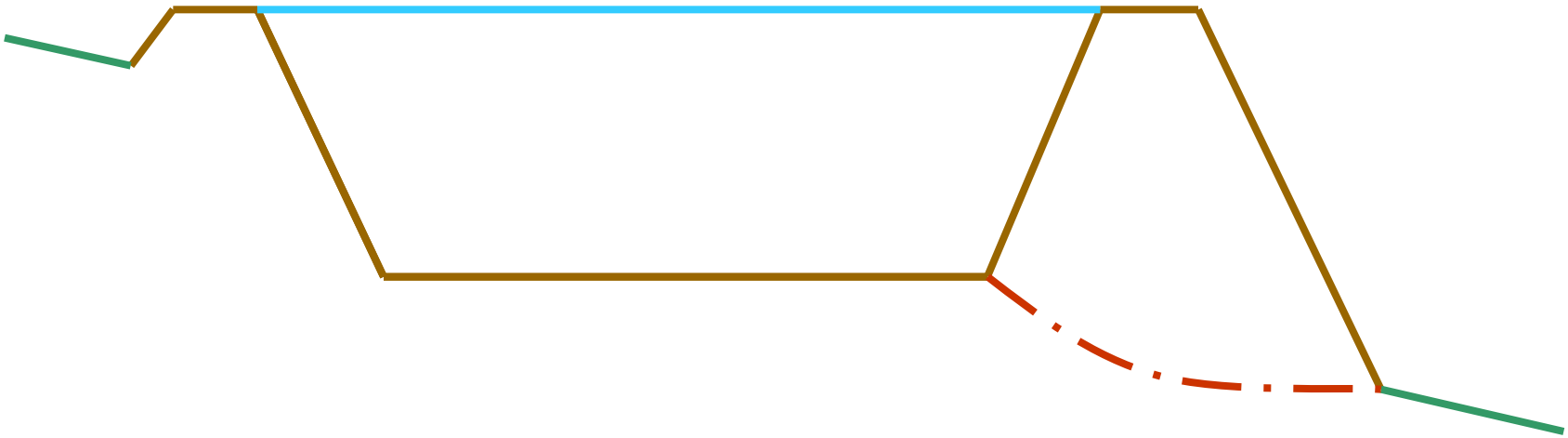
# Volumen movilizable: concepto



# Volumen movilizable: dudas

¿Por dónde va a romper este dique?

¿Debemos considerar el volumen hasta cota de coronación?



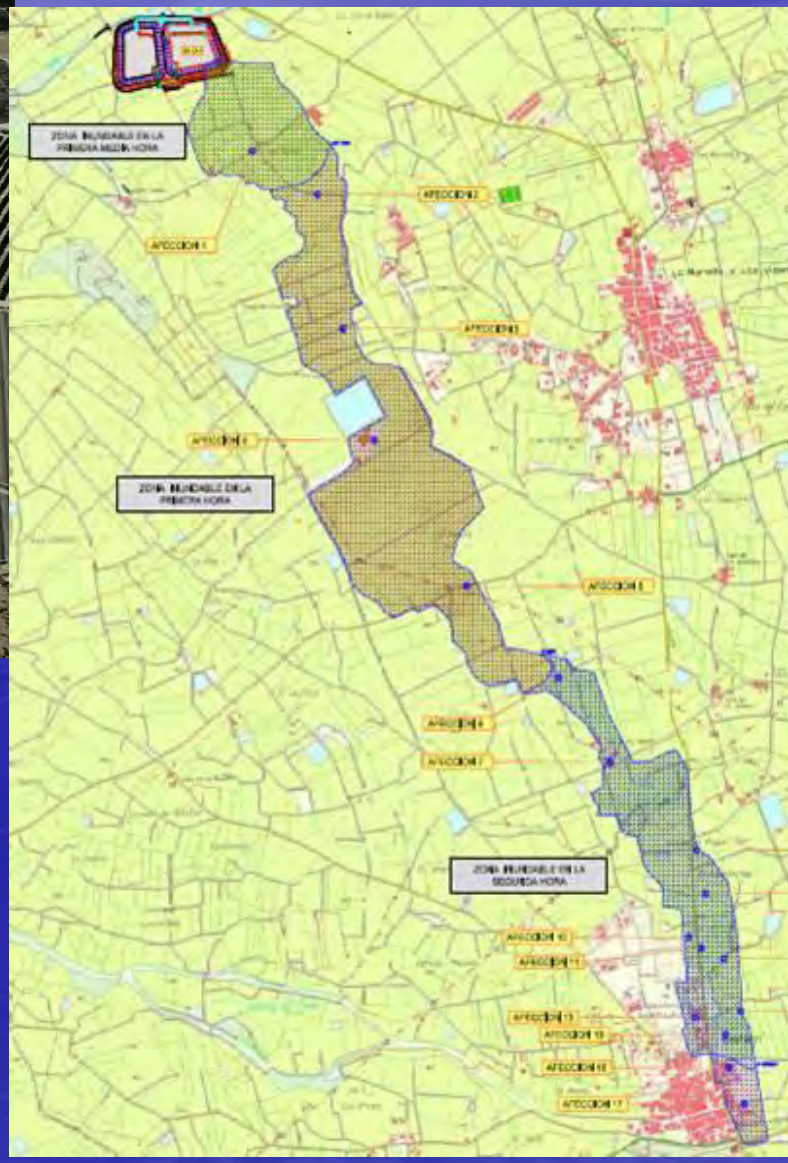
# Volumen movilizable: dudas

# Volumen movilizable: dudas

# Volumen movilizable: dudas

# 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.**

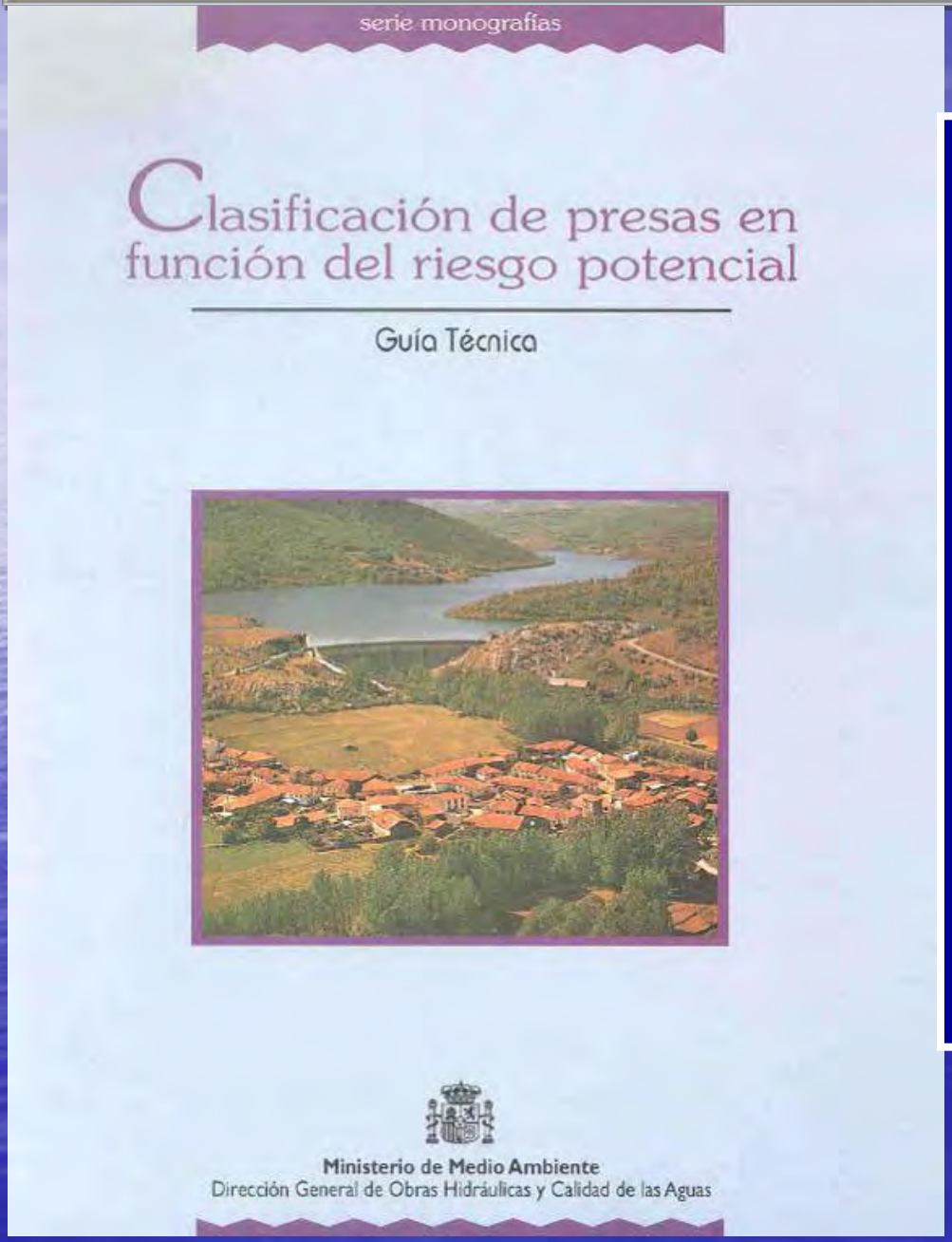
**CATEGORÍA C**

**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**

# Criterios de clasificación: Guía Técnica




**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

# Criterios de clasificación: afecciones

**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.**

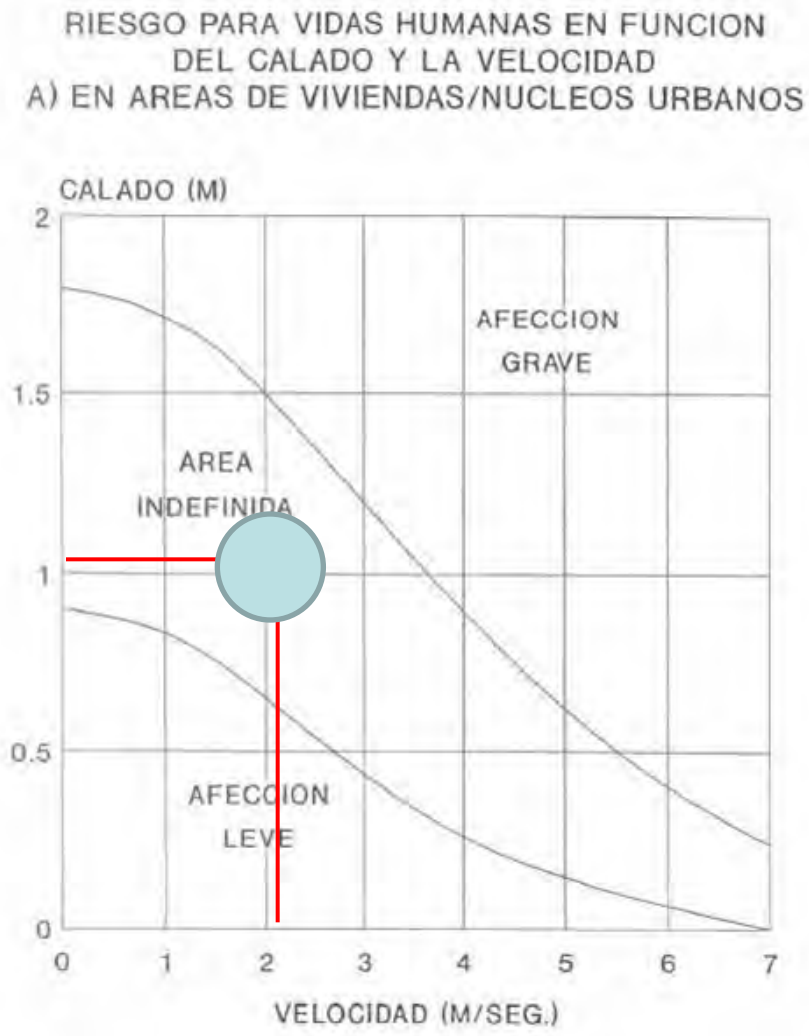
**b) Afección a un número reducido de viviendas: cuando afecta entre 1 y 5 viviendas habitadas.**

**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



# Criterios de clasificación: afecciones

**Artículo 9 del RDPH.**

**Define la zona donde se pueden producir graves daños 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 $m^2/s$

# 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 [1] | 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. vía estrecha | ff.cc. vía ancha y alta velocidad |

# Metodología: escenarios de rotura

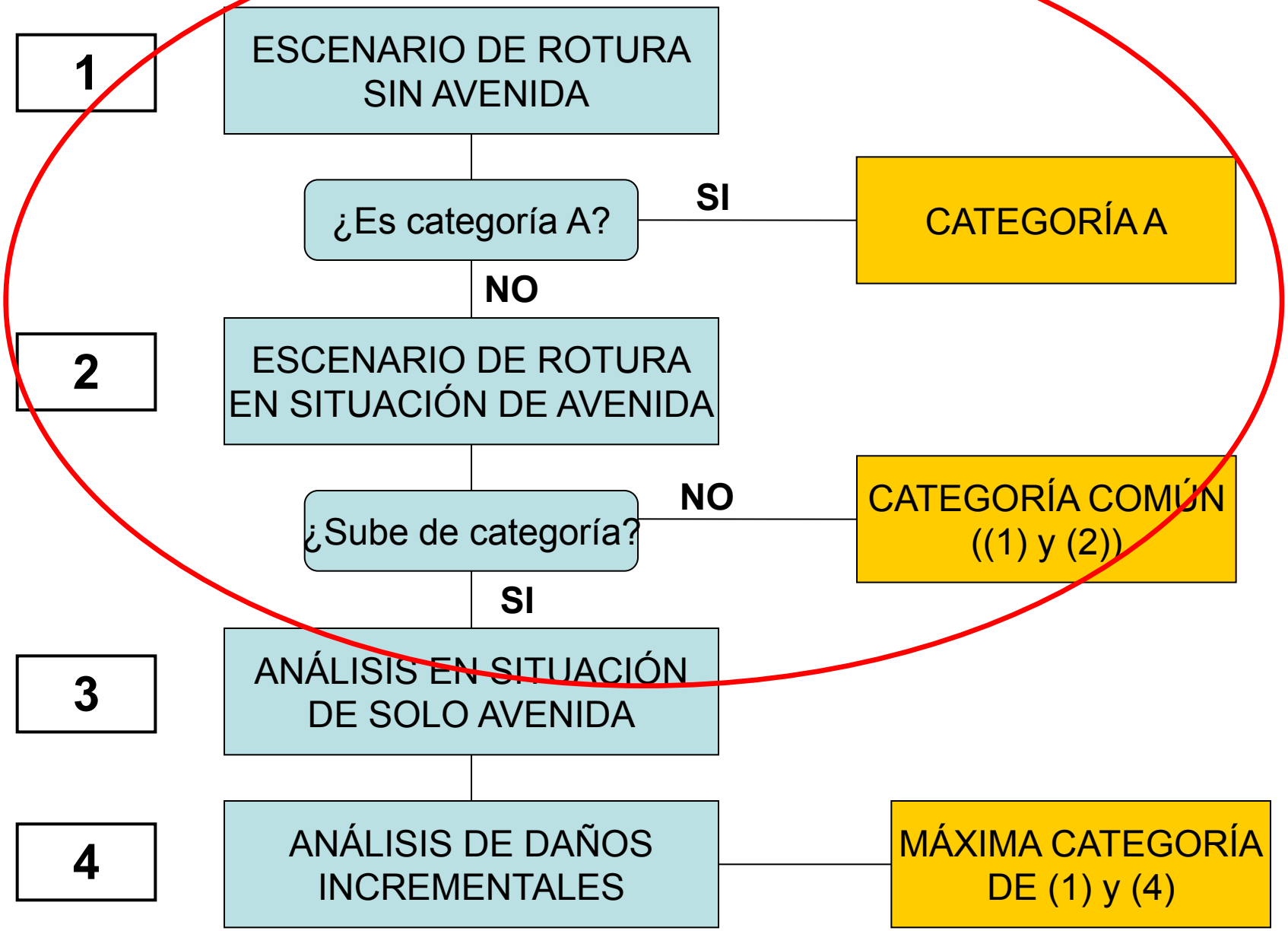
a) **Rotura sin avenida (H1)**. Nivel del embalse en su máximo nivel normal de explotación NMN.

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

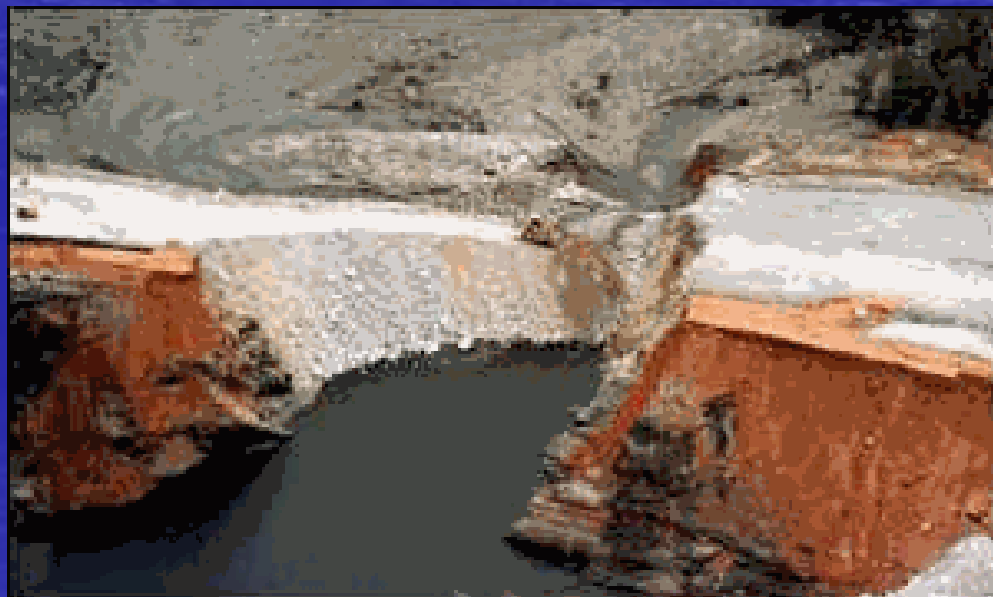
# Metodología: rotura del dique

**Tiempo de rotura**:

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

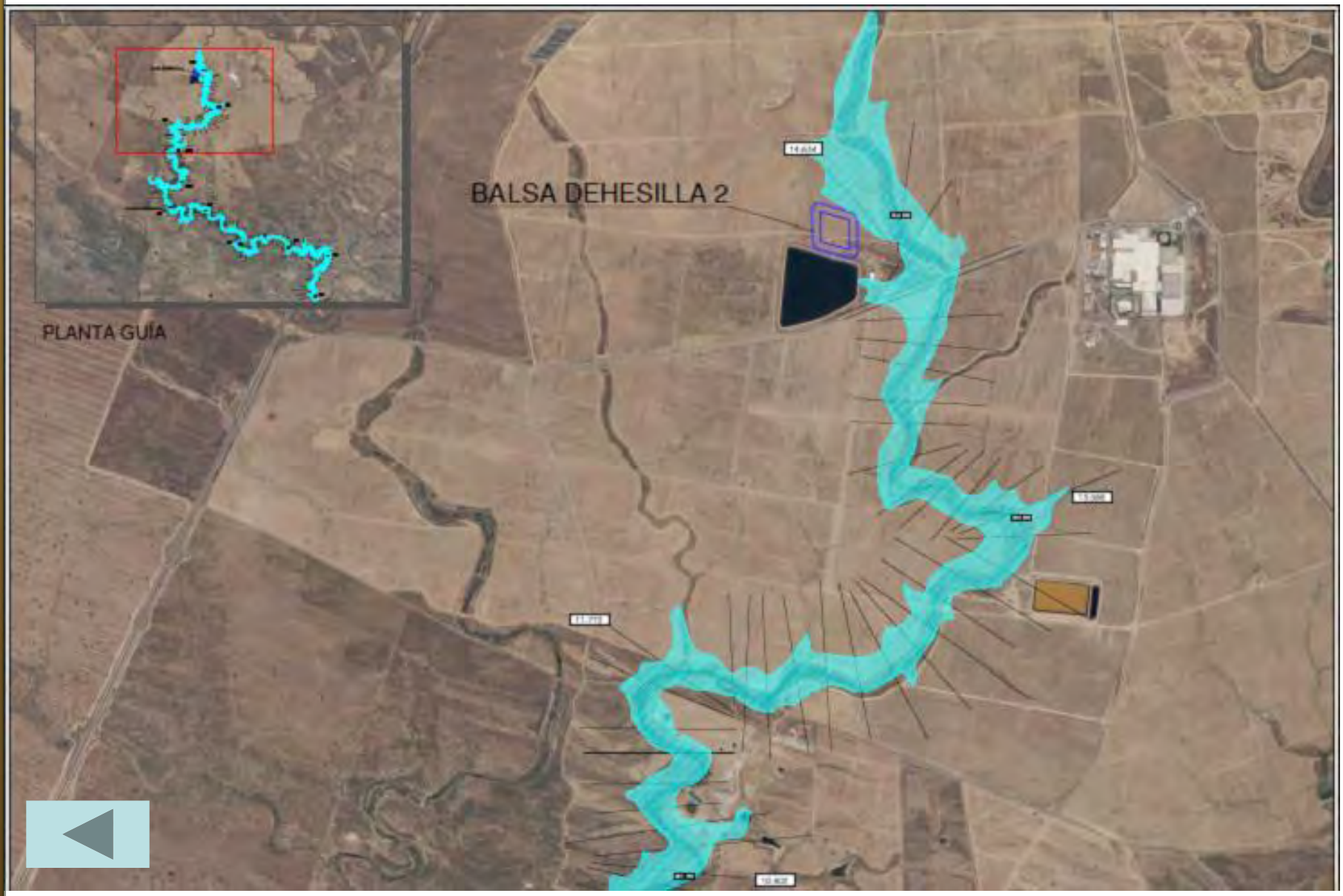
e) El buen juicio ingenieril

**TIPOS DE MODELOS:**

a) Para cauces bien definidos modelos unidimensionales (HEC-RAS, DAMBRK)

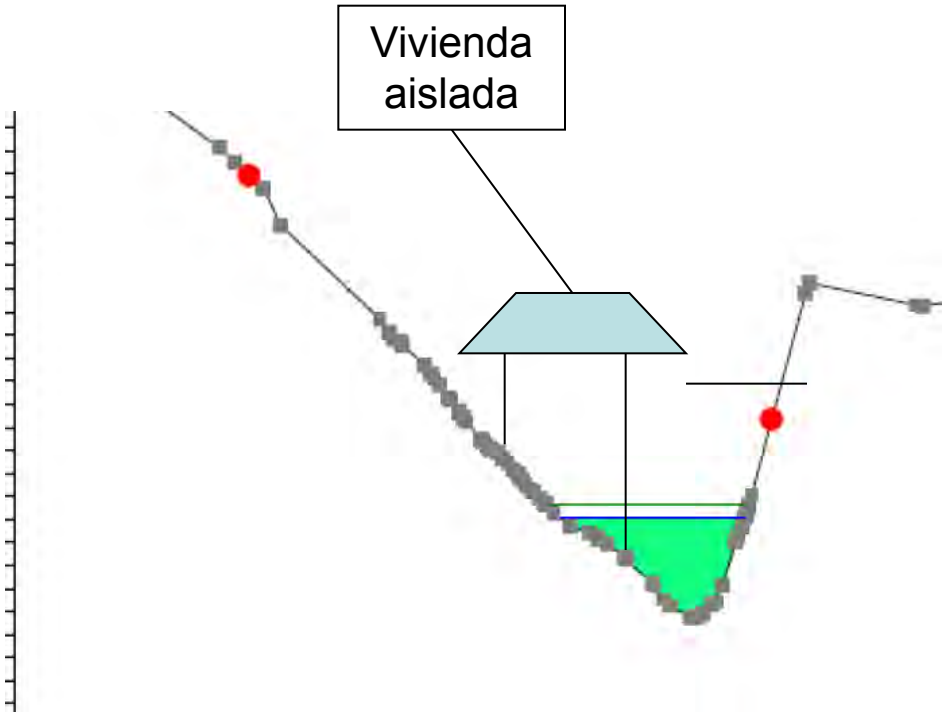
b) Para llanuras de inundación, valles sinuosos, etc. modelos bidimensionales (Iber, GUADFlow2D)

# Metodología: modelo unidimensional



# Metodología: modelo unidimensional

Coordenadas UTM Huso 30
X: 345.278
Y: 4.727.294



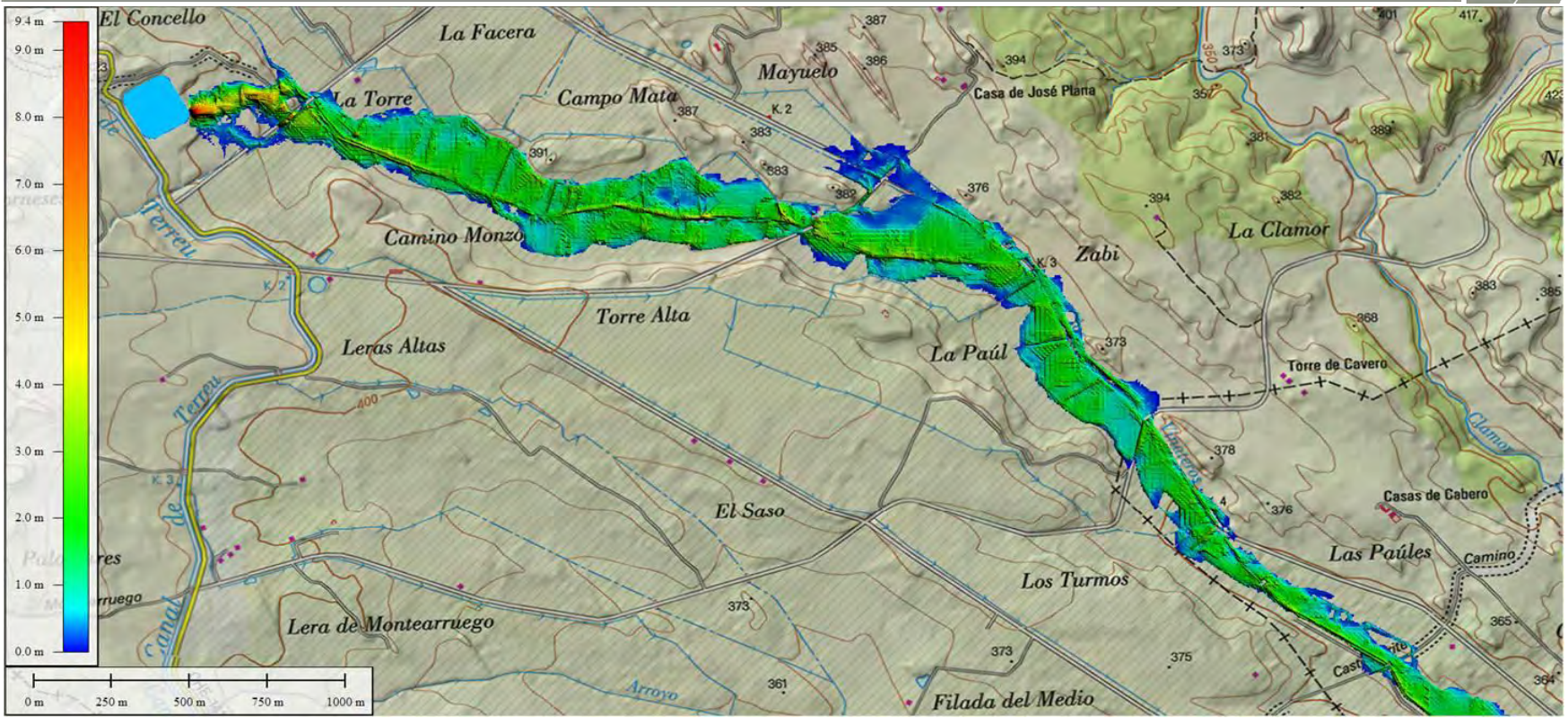
| pK | Descripción | Caudal ($m^3/s$) | Calado (m) | Cota afección | Cota avenida | Velocidad (m/s) | Grado afección |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3+308 | Casa habitada | 21,77 | 0,21 | 495,10 | 495,31 | 1,08 | Leve |

# 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 | 754195 | 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. HU-8500 | 325.17 | 328.75 | 326.82 | -- | 4.52 | 35.56 | 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 | 7.28 | 5 h 24 min | -- | NO | -- |
| S6 | 16+620 | 757506 | 4647320 | FINAL TRAMO ESTUDIO | 270.64 | -- | 273.60 | 2.96 | 1.42 | 7.08 | 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@magrama.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[1] |
| Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña | 0,050-0,080 |
| Areas de inundación adyacentes al canal ordinario | 0,030-0,200[1] |

# Metodología: modelo bidimensional

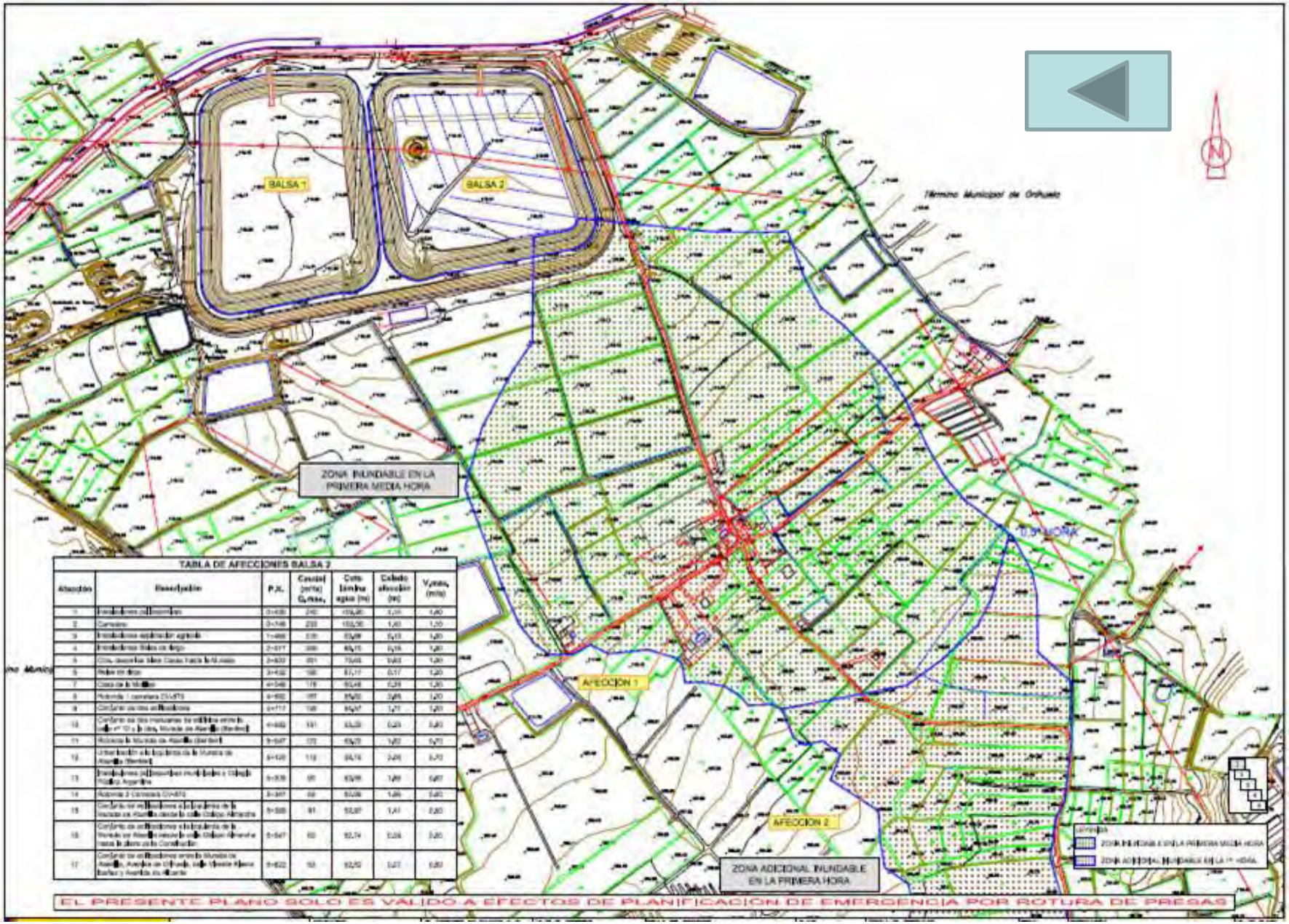



TABLA DE AFECCIONES BALSA 2

| Afección | Descripción | P.K. | Caudal (m³/s) $Q_{max}$ | Cota lámina agua (m) | Calado afección (m) | $V_{max}$ (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Instalaciones polideportivas | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 1,40 |
| 2 | Carretera | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 1,20 |
| 3 | Instalaciones explotación agrícola | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 1,20 |
| 4 | Instalaciones fábrica de riego | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 1,20 |
| 5 | Cría, desperfectos [illegible] hasta la Alameda | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 1,20 |
| 6 | Pozos de riego | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 1,20 |
| 7 | Casa de la Molina | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 1,20 |
| 8 | Rotonda 1 carretera CV-875 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 1,20 |
| 9 | Conjunto de dos edificaciones | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 1,20 |
| 10 | Conjunto de dos manzanas de edificios entre la calle nº 10 y la otra, Murada de Alcantilla (Benfeni) | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 11 | Rotonda la Murada de Alcantilla (Benfeni) | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 12 | Urbanización a la izquierda de la Murada de Alcantilla (Benfeni) | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 13 | Instalaciones polideportivas municipales y Colegio Público Argentina | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 14 | Rotonda 2 Carretera CV-875 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 15 | Conjunto de edificaciones a la izquierda de la Murada de Alcantilla desde la calle Colegio Almendra | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 16 | Conjunto de edificaciones a la izquierda de la Murada de Alcantilla desde la calle Colegio Almendra hasta la plaza de la Constitución | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 17 | Conjunto de edificaciones entre la Murada de Alcantilla, Avenida de Orihuela, calle Vicente Blasco Ibáñez y Avenida de Alicante | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

# 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 las 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