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
ppsenderos@magrama.es

JORNADA "SEGURIDAD EN BALSAS DE RIEGO"

25 de marzo de 2015

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**

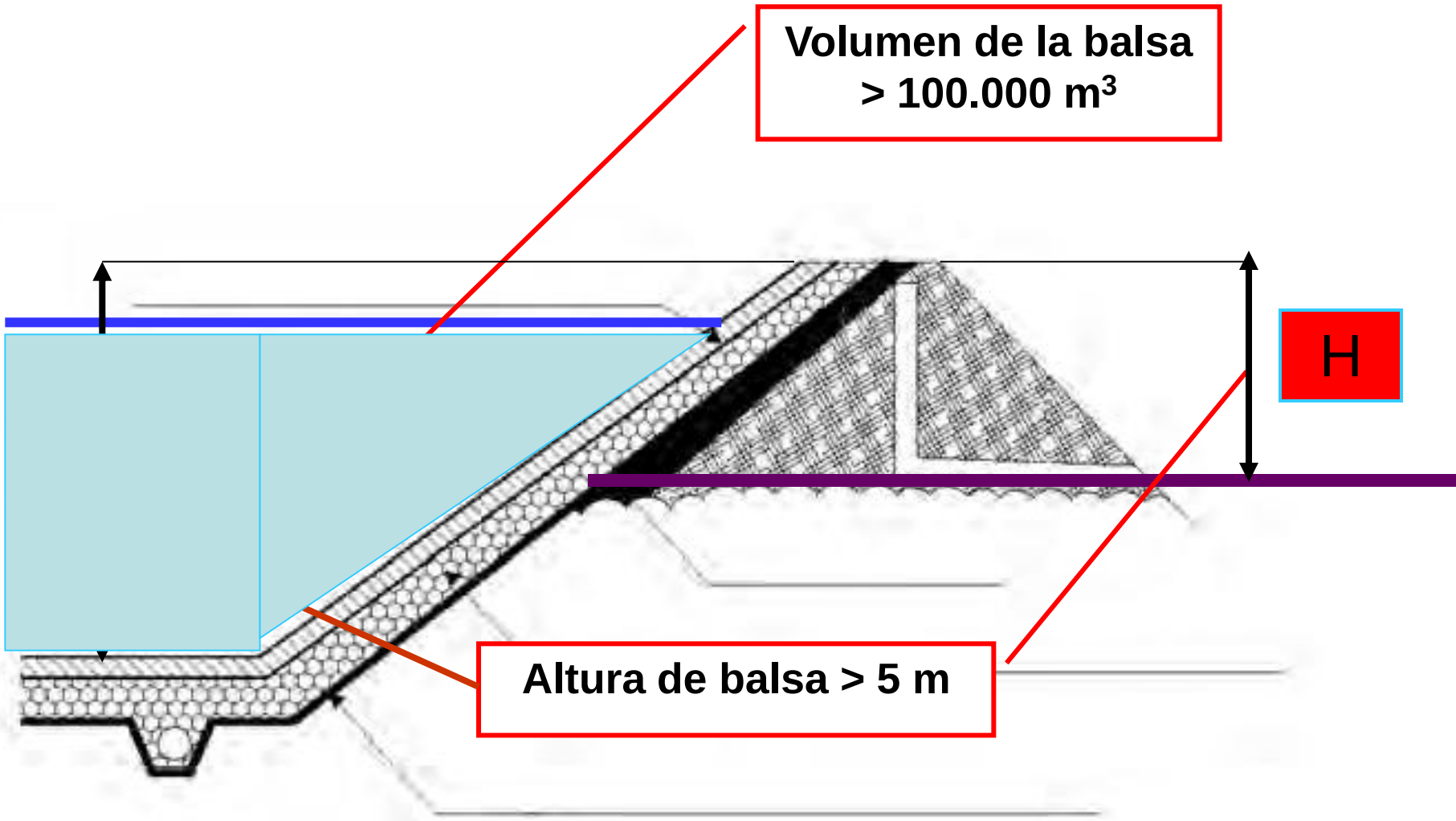
Obligación de los titulares de solicitar su clasificación y registro.

Artículo 357 del RDPH. Definiciones. Apartado d)

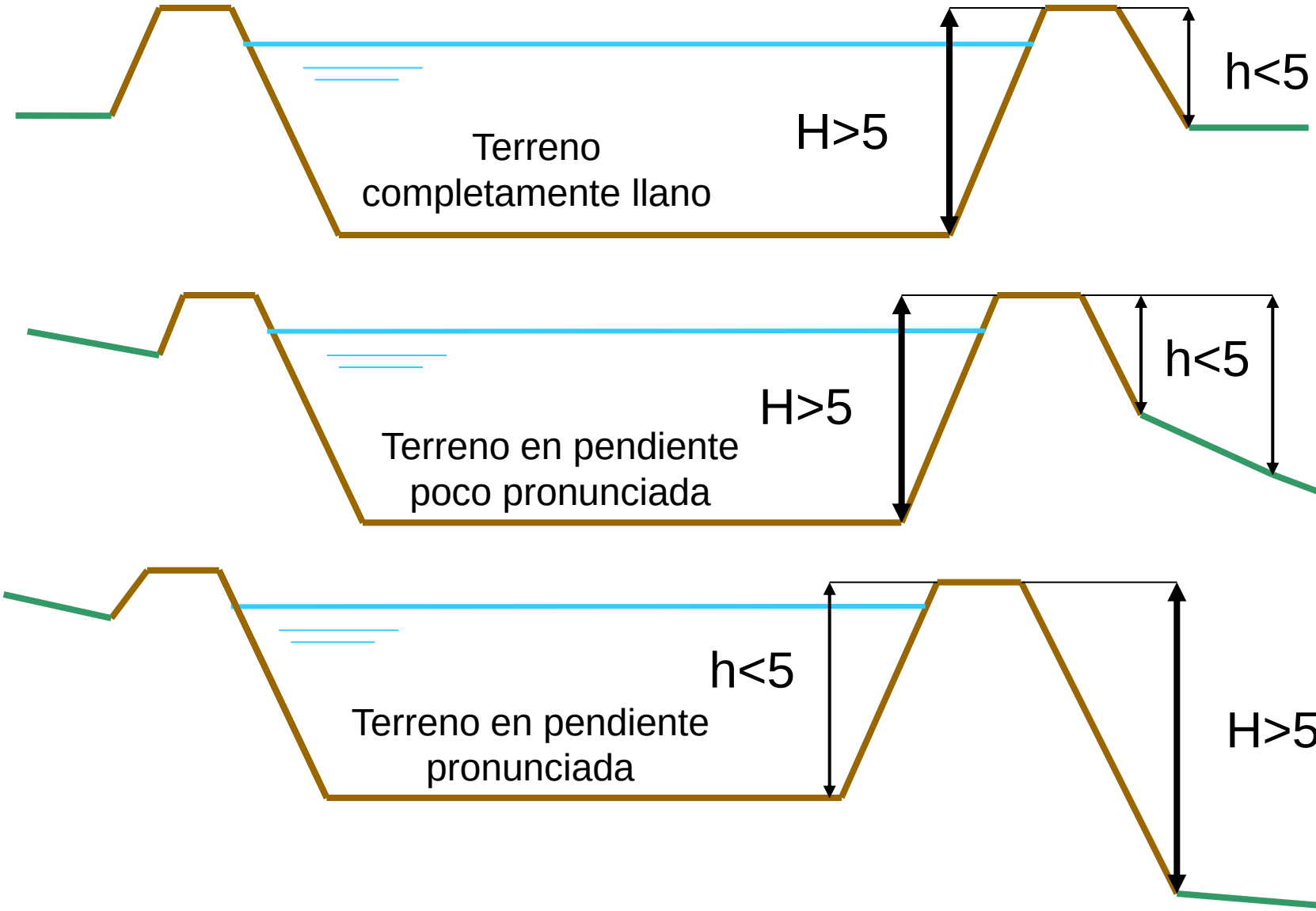
Altura de balsa (H):

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.

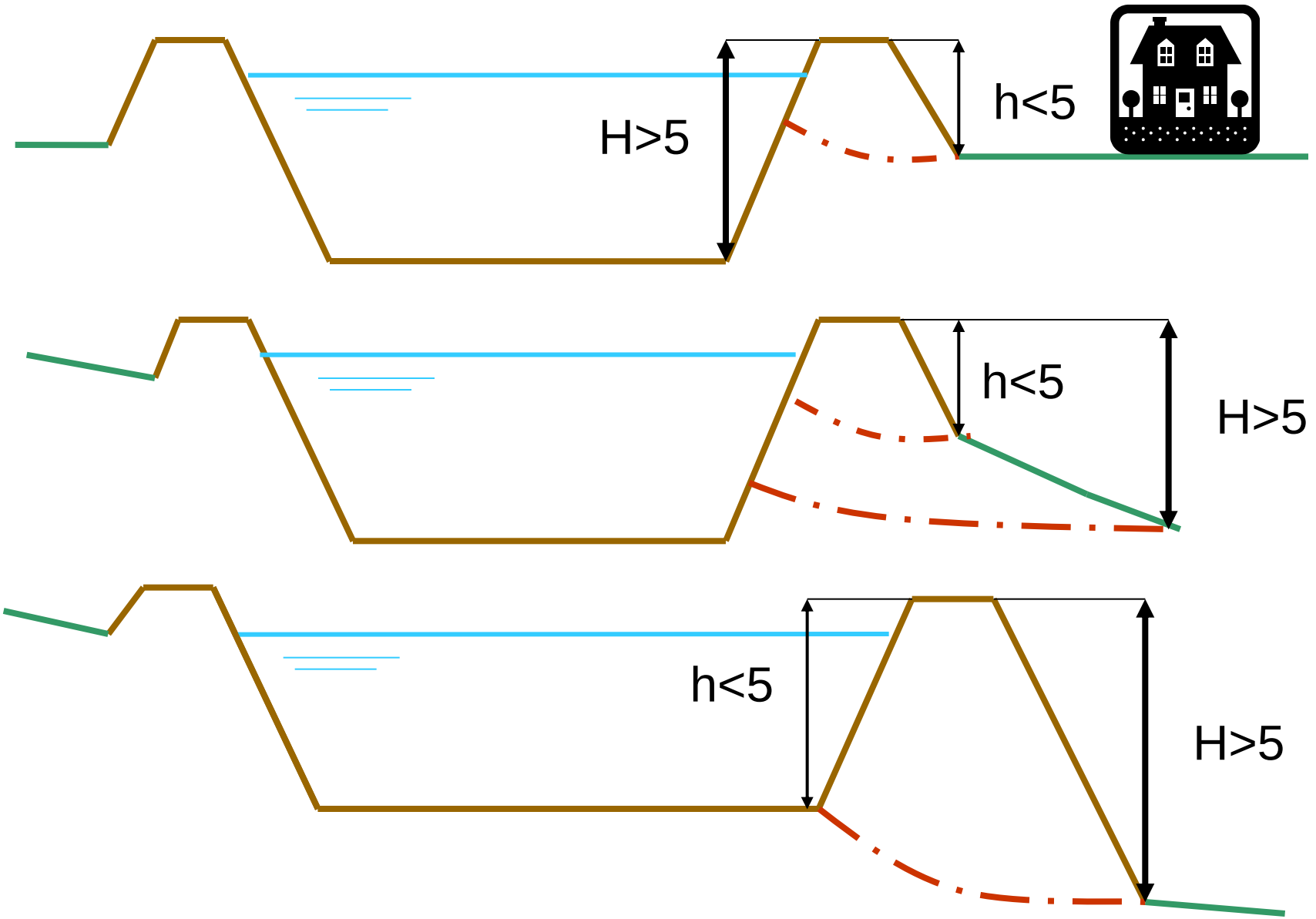
¿Qué balsas deben ser clasificadas?



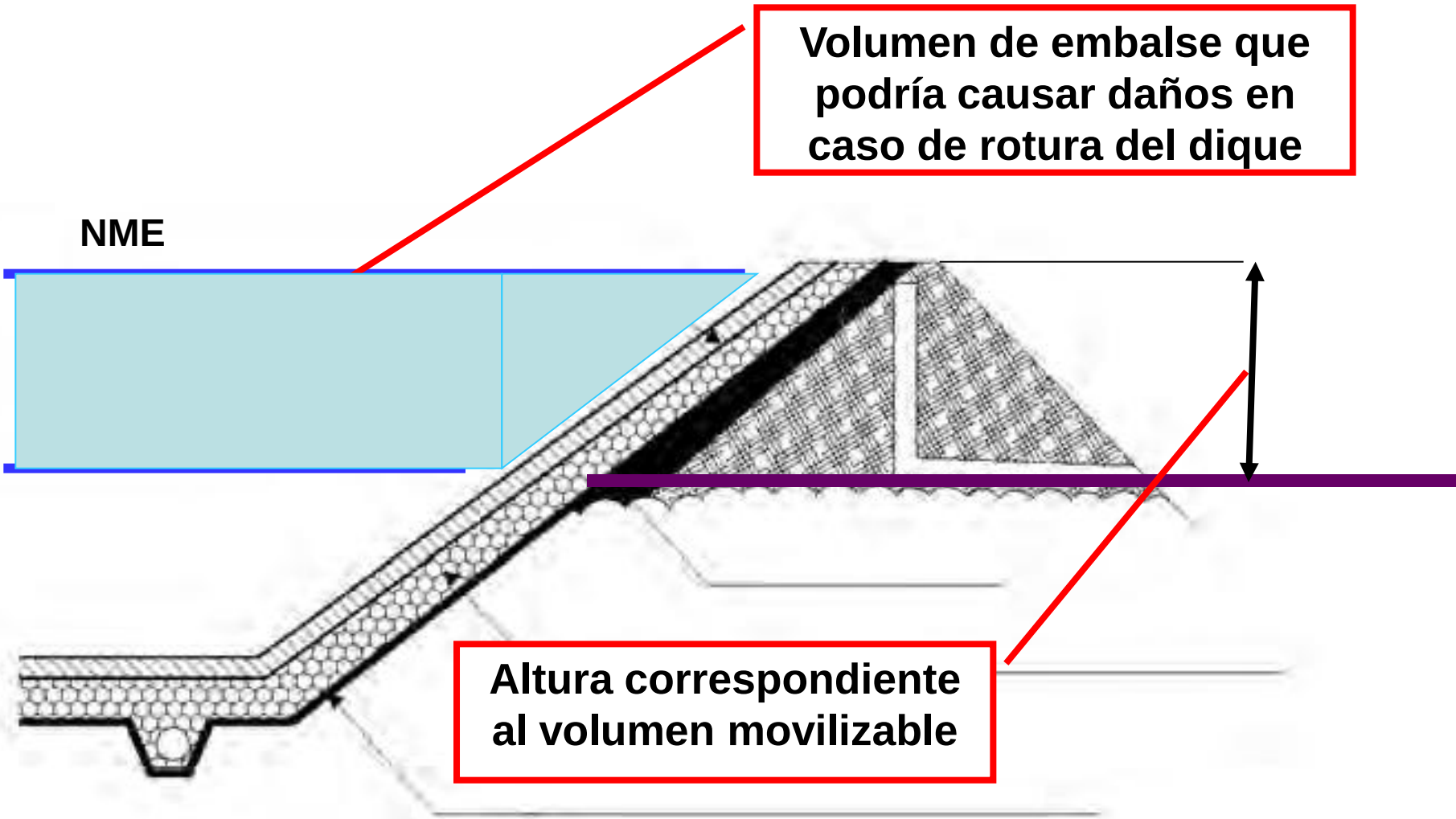
¿Qué balsas deben ser clasificadas?



¿Qué balsas deben ser clasificadas?



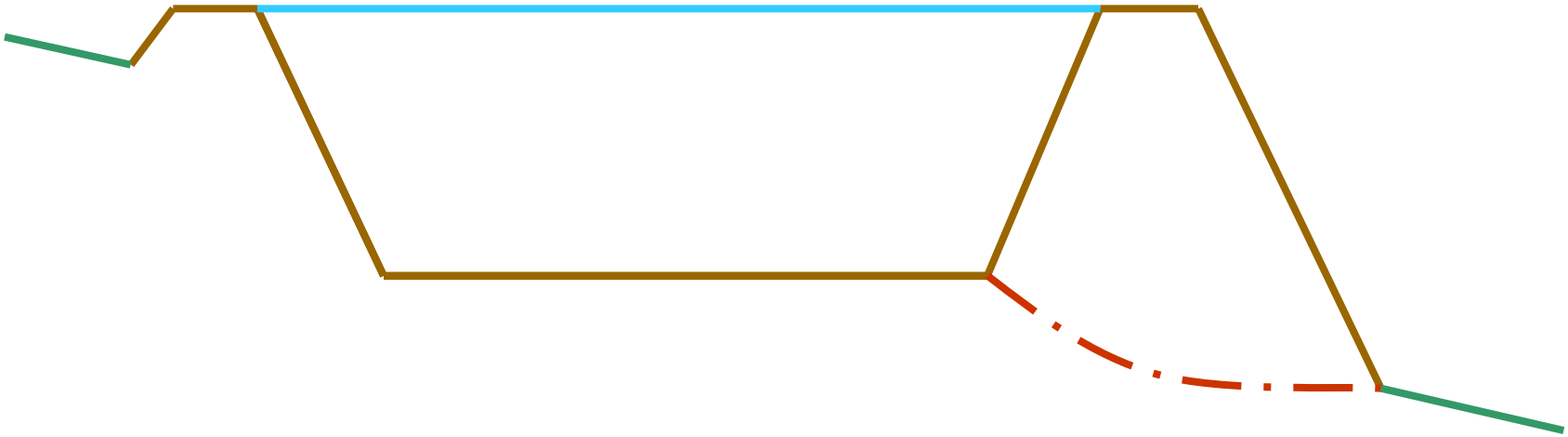
Volumen movilizable: concepto



Volumen movilizable: dudas

¿Por dónde va a romper este dique?

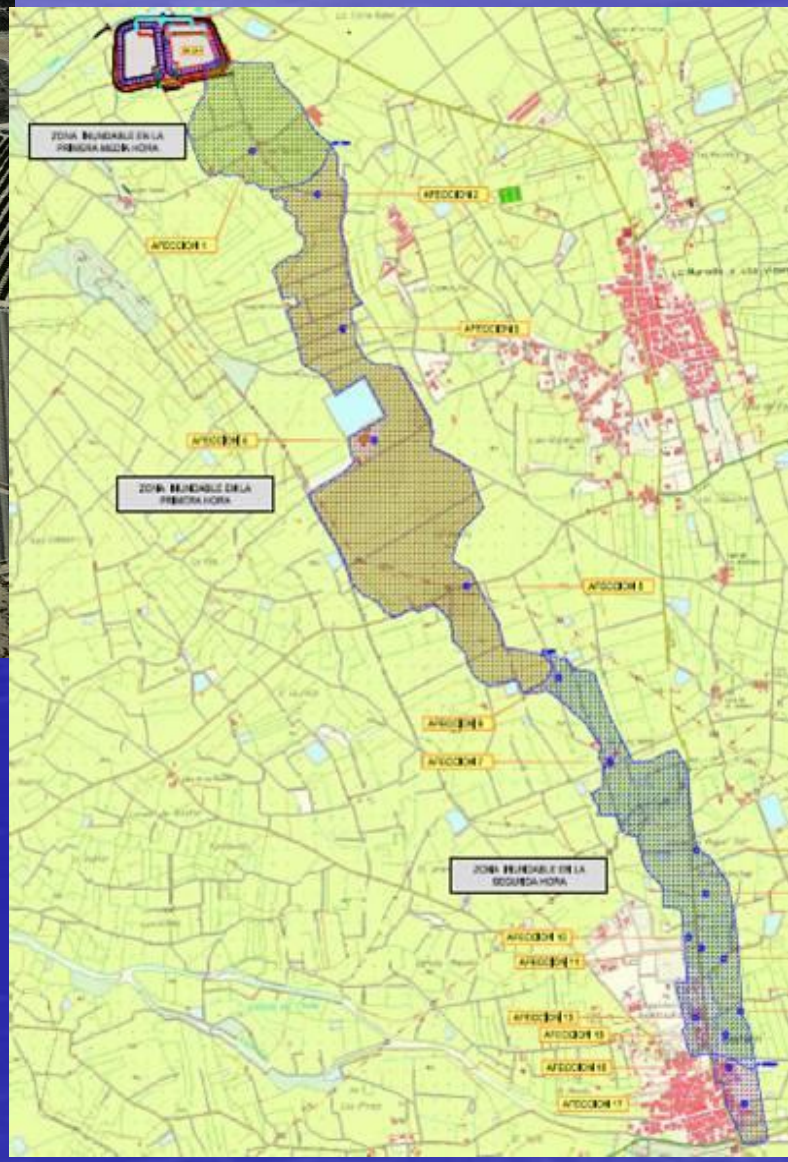
¿Debemos considerar el volumen hasta cota de coronación?



Volumen movilizable: dudas

Volumen movilizable: dudas

Volumen movilizable: dudas



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.

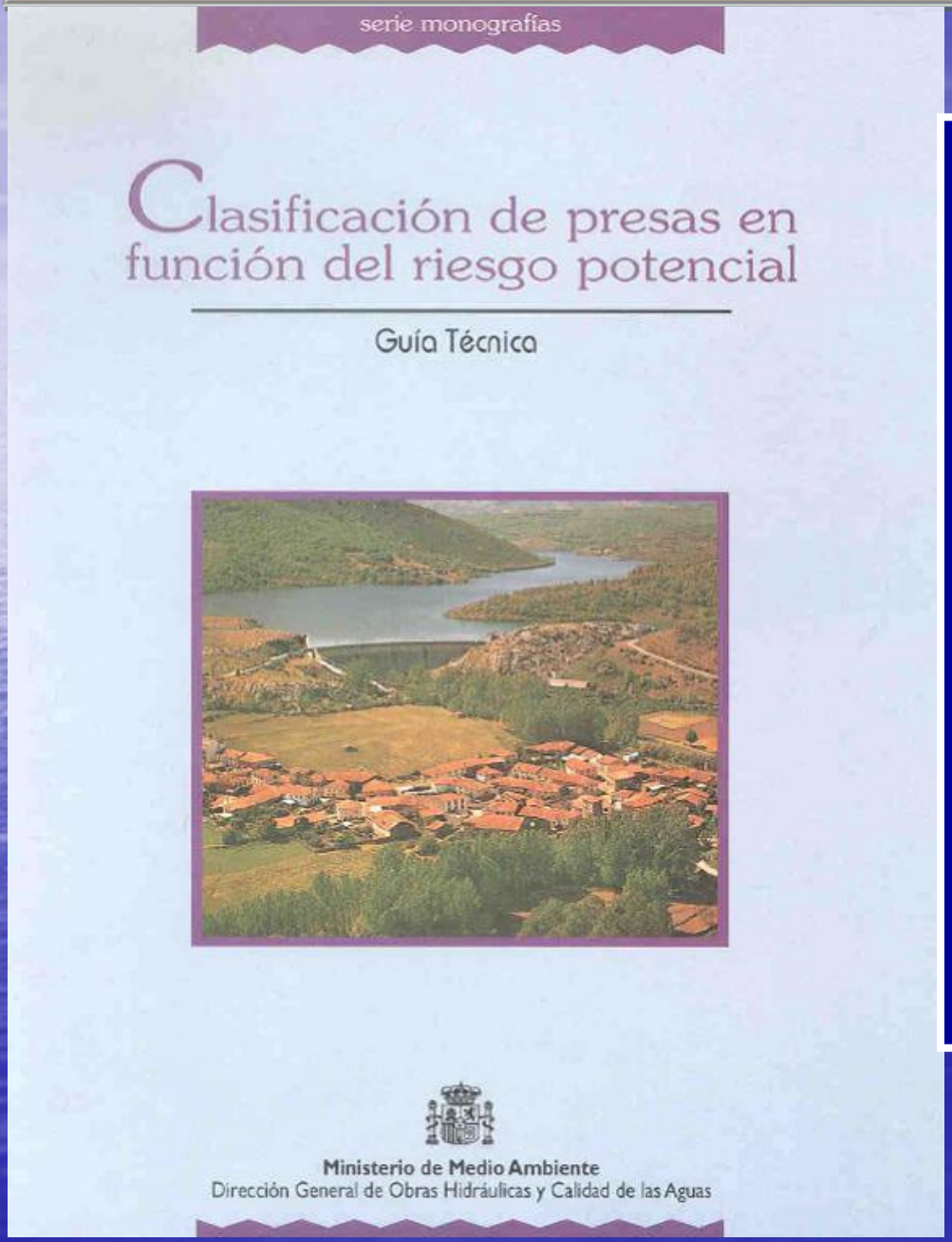
CATEGORÍA C

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.

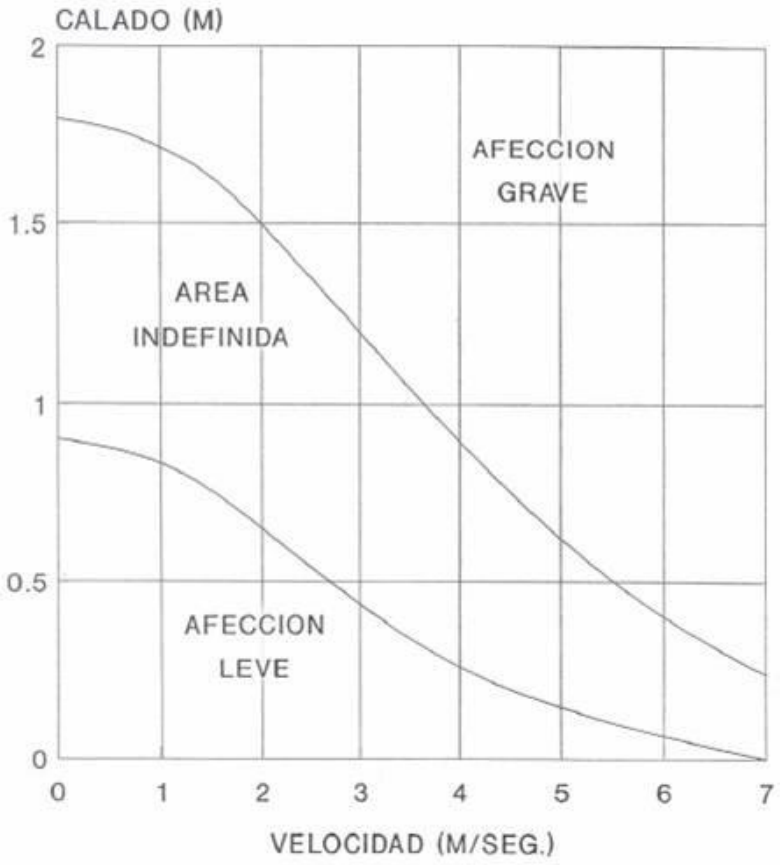
c) Pérdida incidental de vidas humanas: no se consideran a efectos de la clasificación.

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

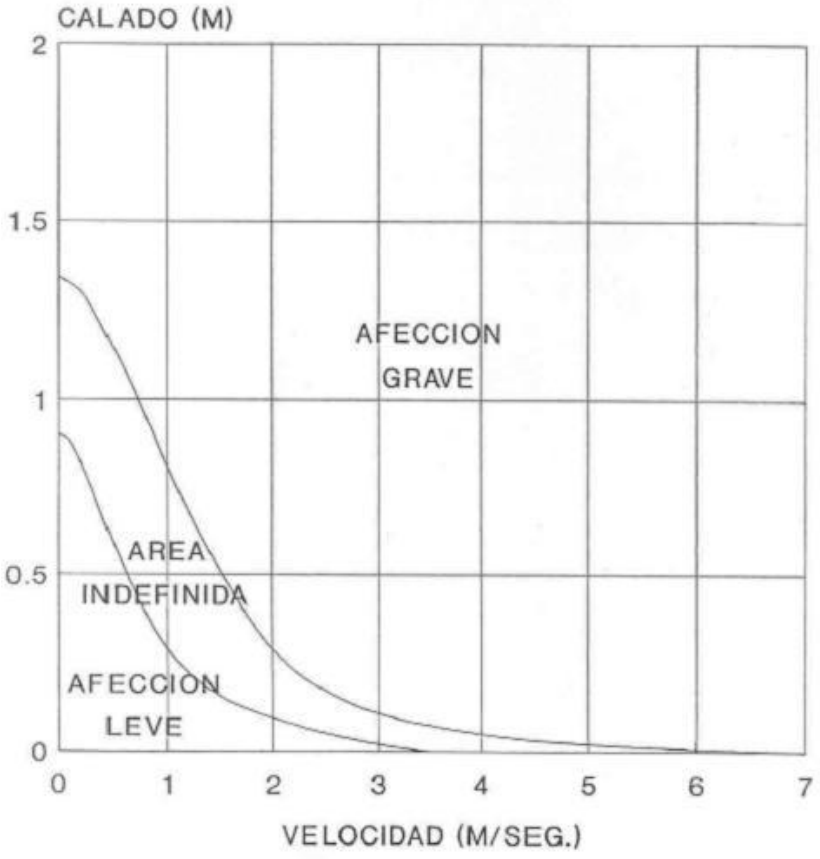
Criterios de clasificación: afecciones

Gráficos afección en función del calado y la velocidad

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



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

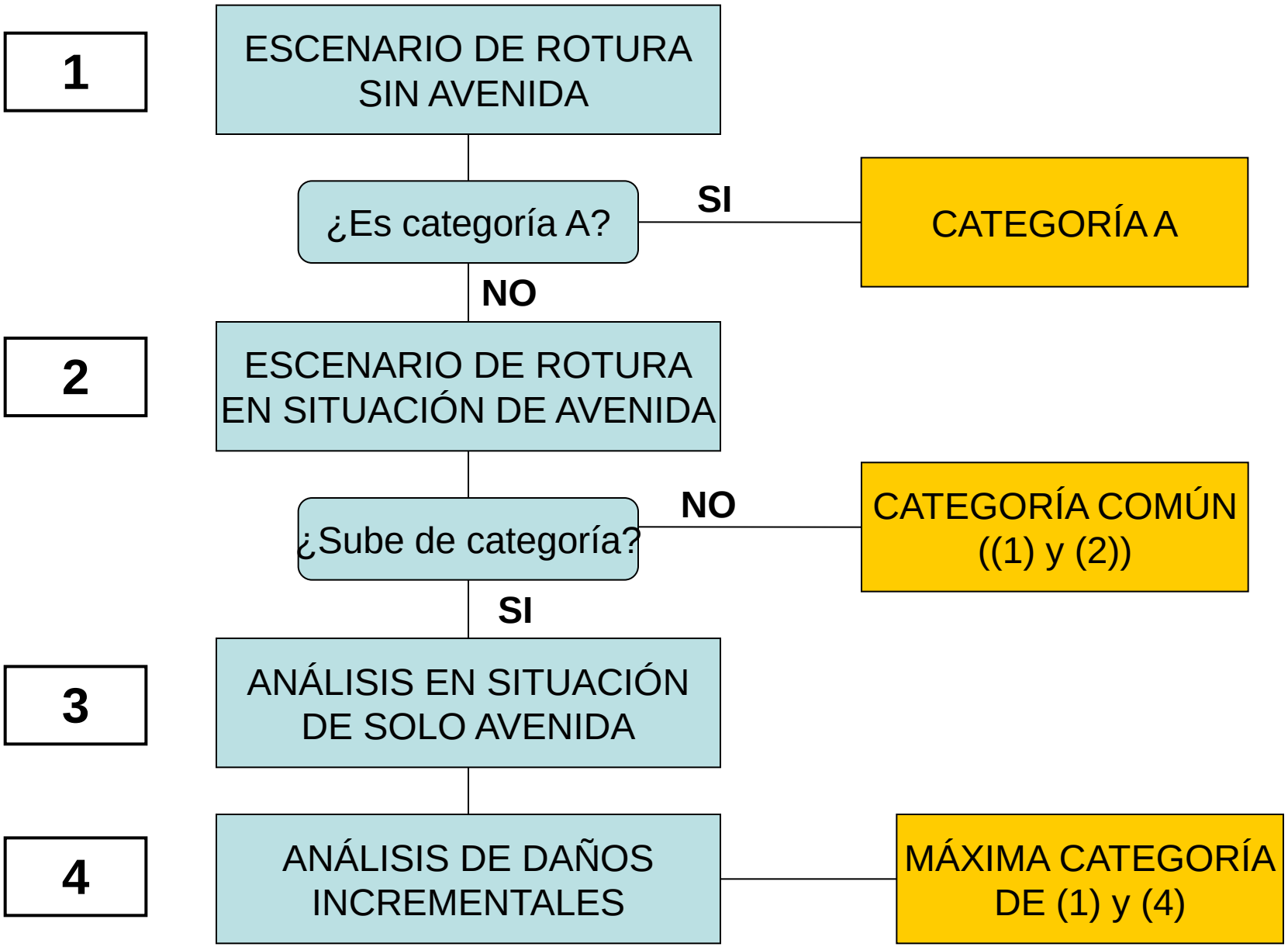
a) **Rotura sin avenida (H1)**. Nivel del embalse en su máximo nivel normal de explotación NMN.

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).

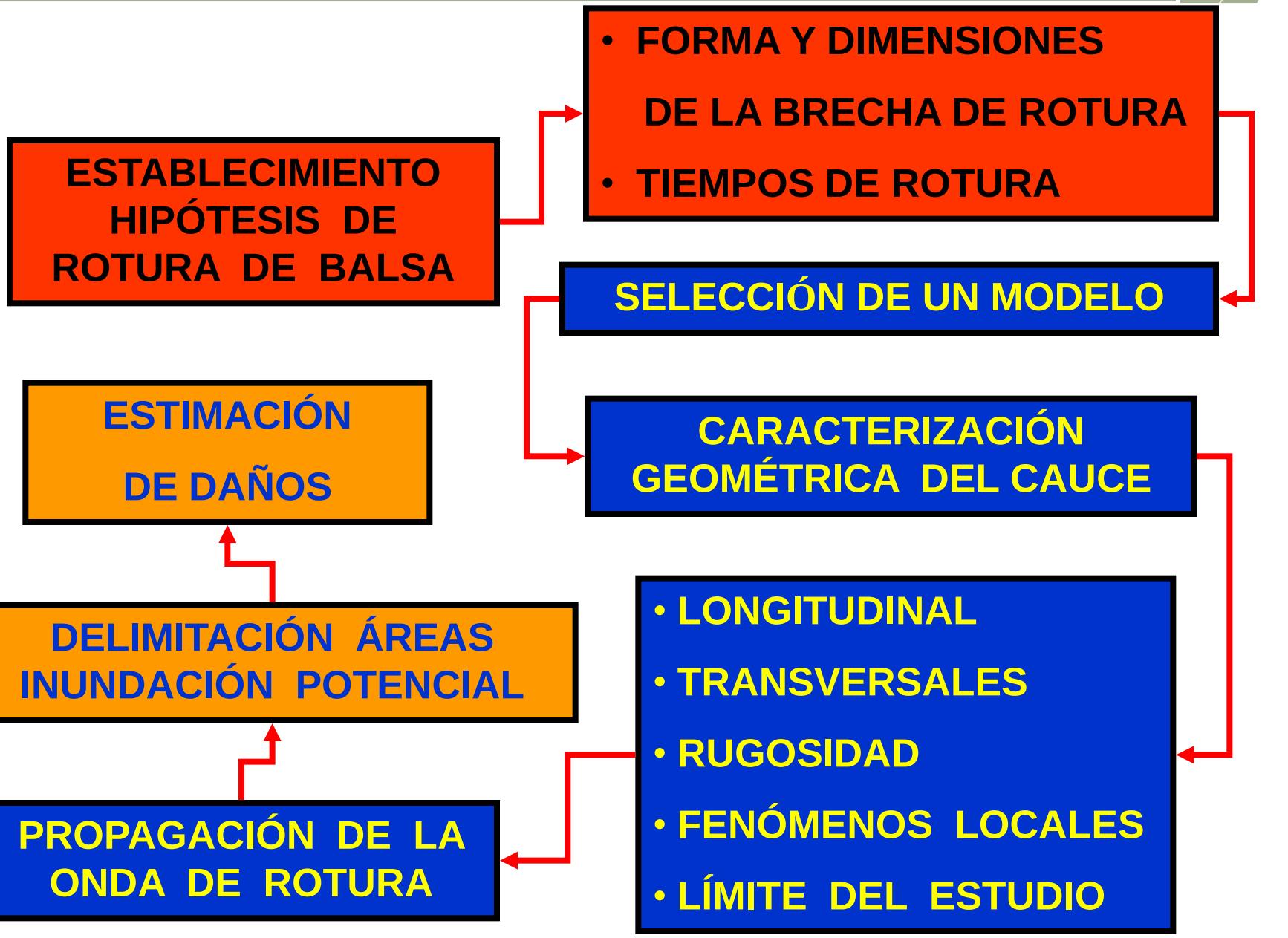
c) **Rotura encadenada**

(No procede para balsas)

Metodología



Metodología



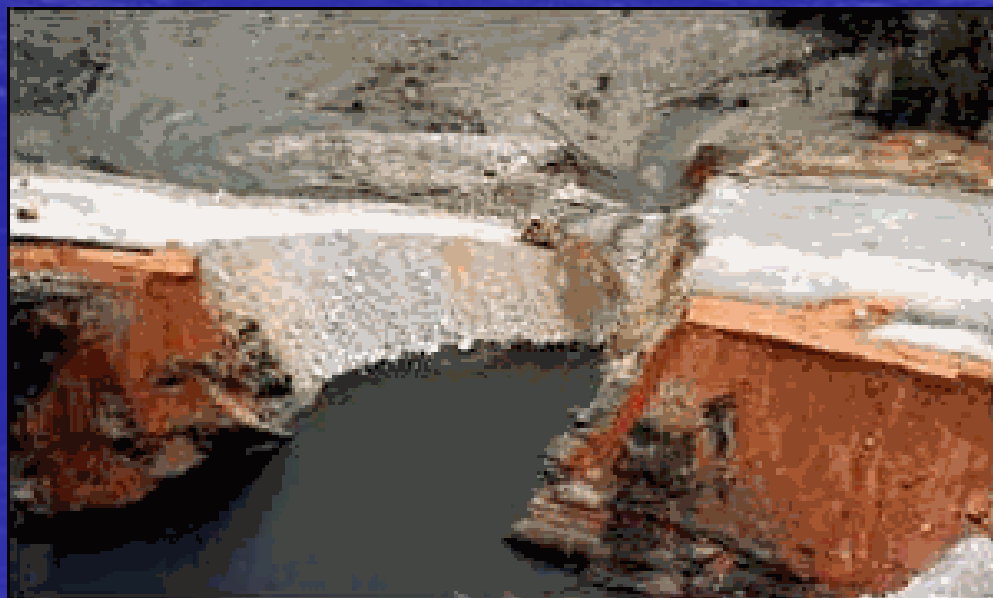
Metodología: rotura del dique

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: $b(m) = 20\ (V(Hm^3)\text{-}h(m))^{0,25}$
- Taludes: 1:1 (H:V)



Metodología: 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**

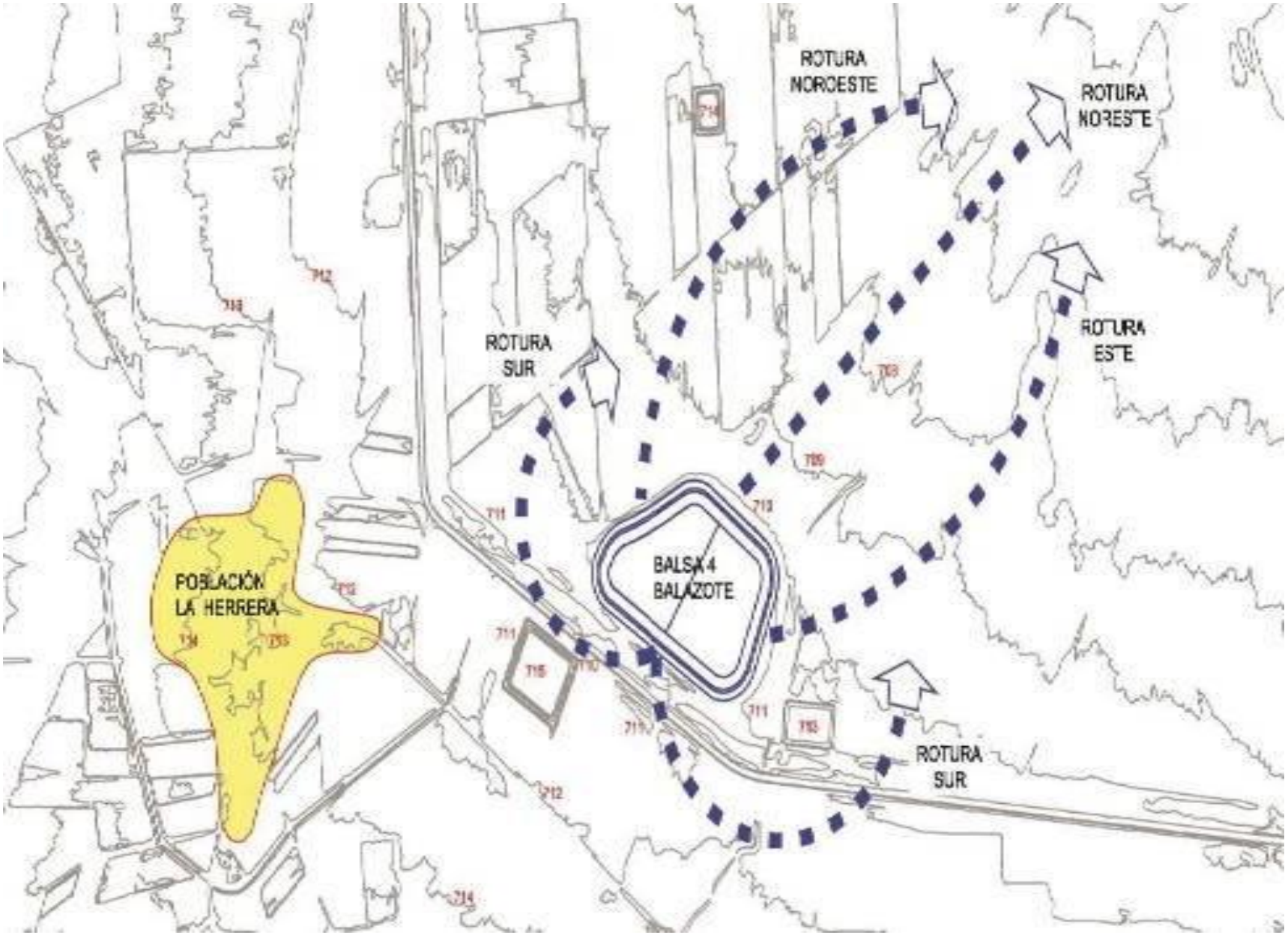
c) **Llegar a un cauce con un caudal máximo inferior a la capacidad del mismo**

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

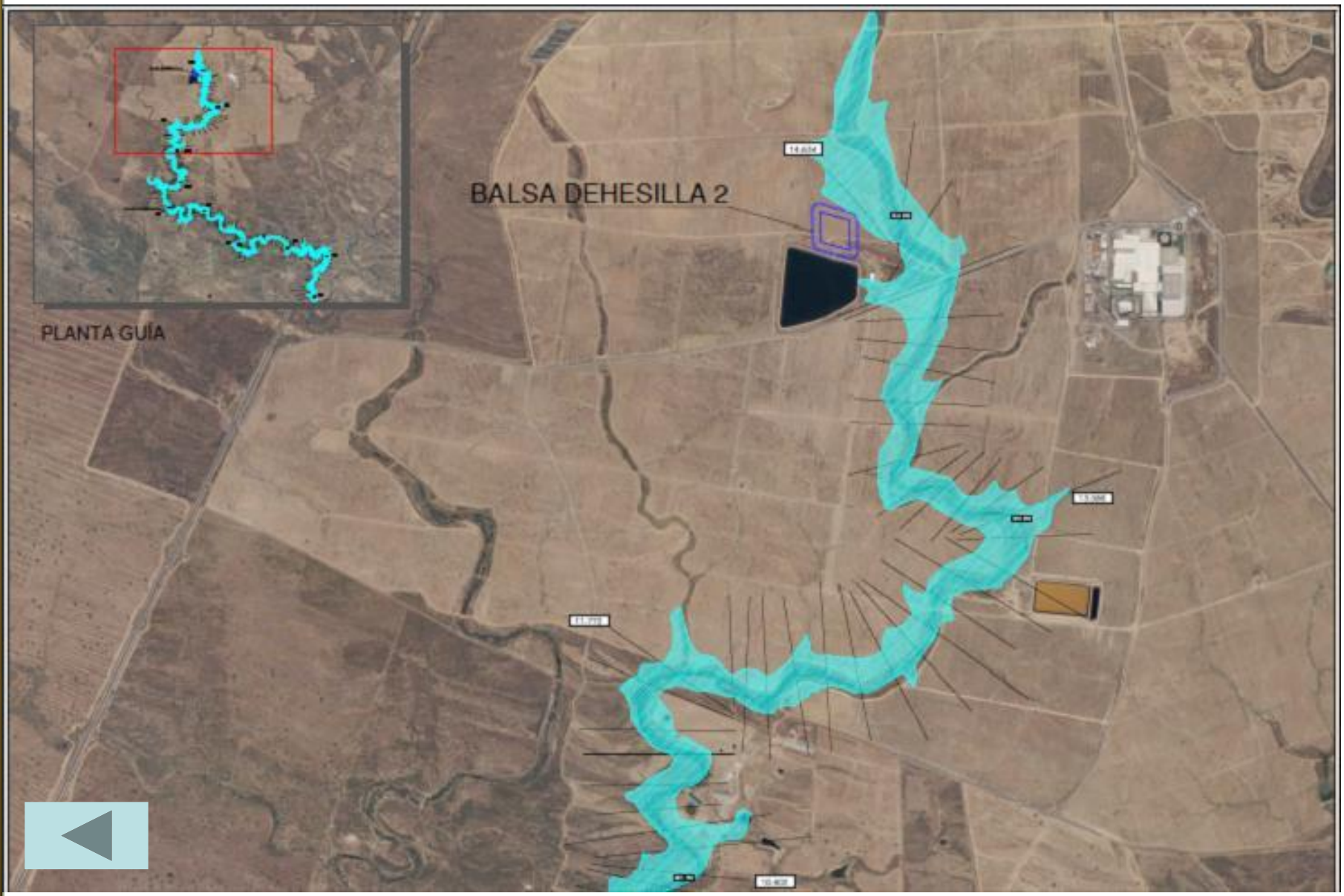
d) Método simplificado de curvas envolventes

CRITERIOS:

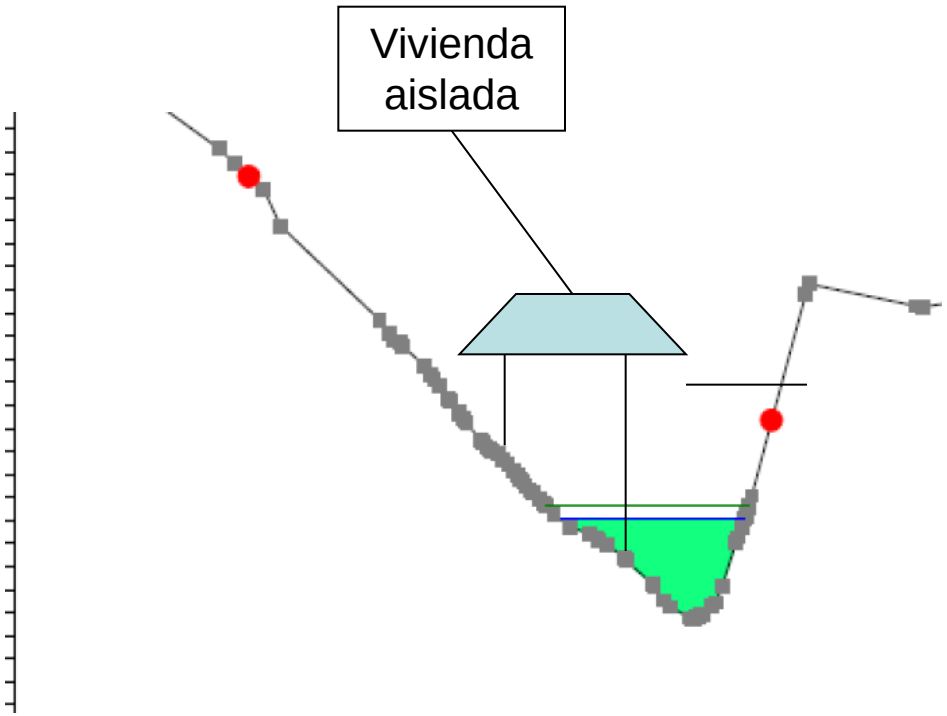
a) Para cauces bien definidos modelos unidimensionales (HEC-RAS, DAMBRK)

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

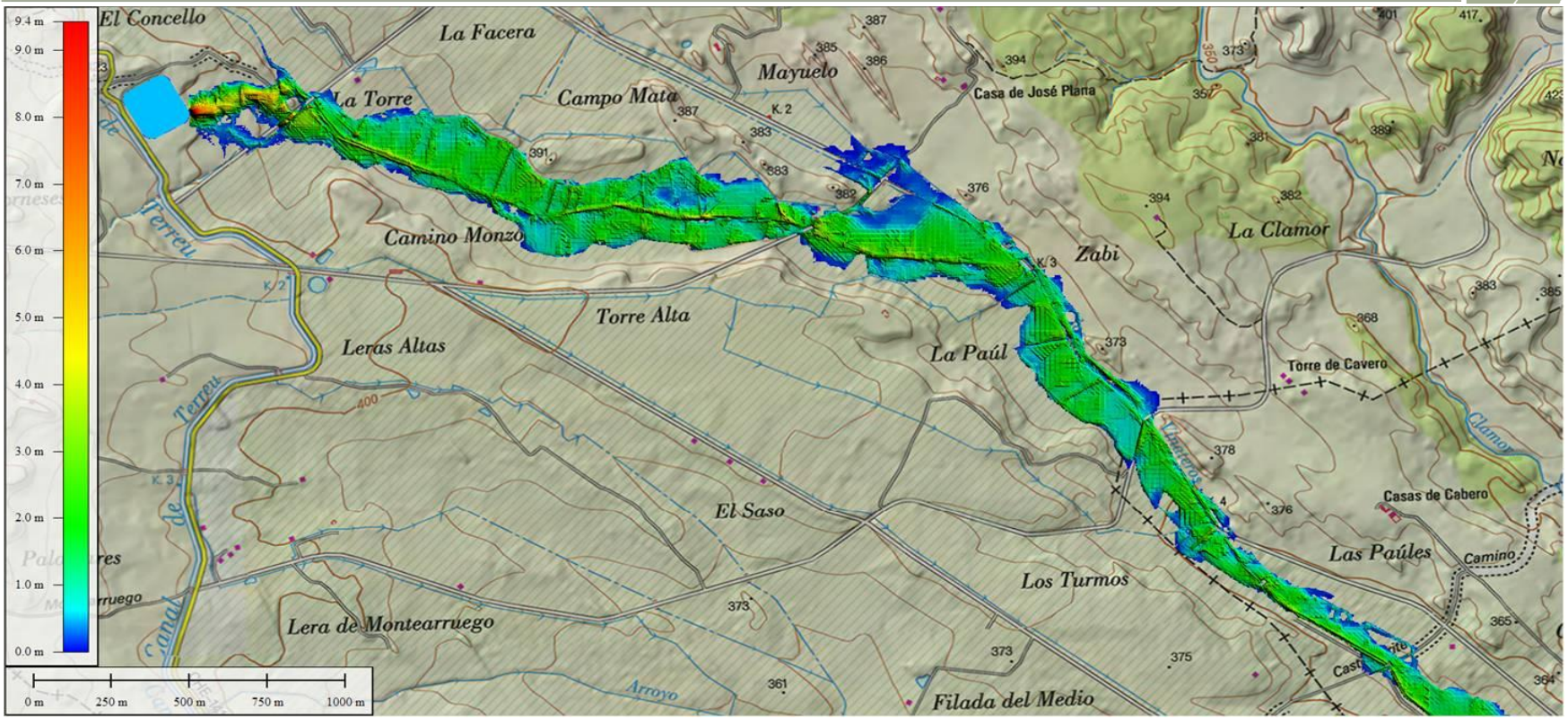
pK	Descripción	Caudal (m^3/s)	Calado (m)	Cota afección	Cota avenida	Velocidad (m/s)	Grado afección
3+308	Casa habitada	21,77	0,21	495,10	495,31	1,08	Leve

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
Jefe de Servicio de Proyectos y Obras
Subdirección General de Infraestructuras y Tecnología
Dirección General del Agua
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

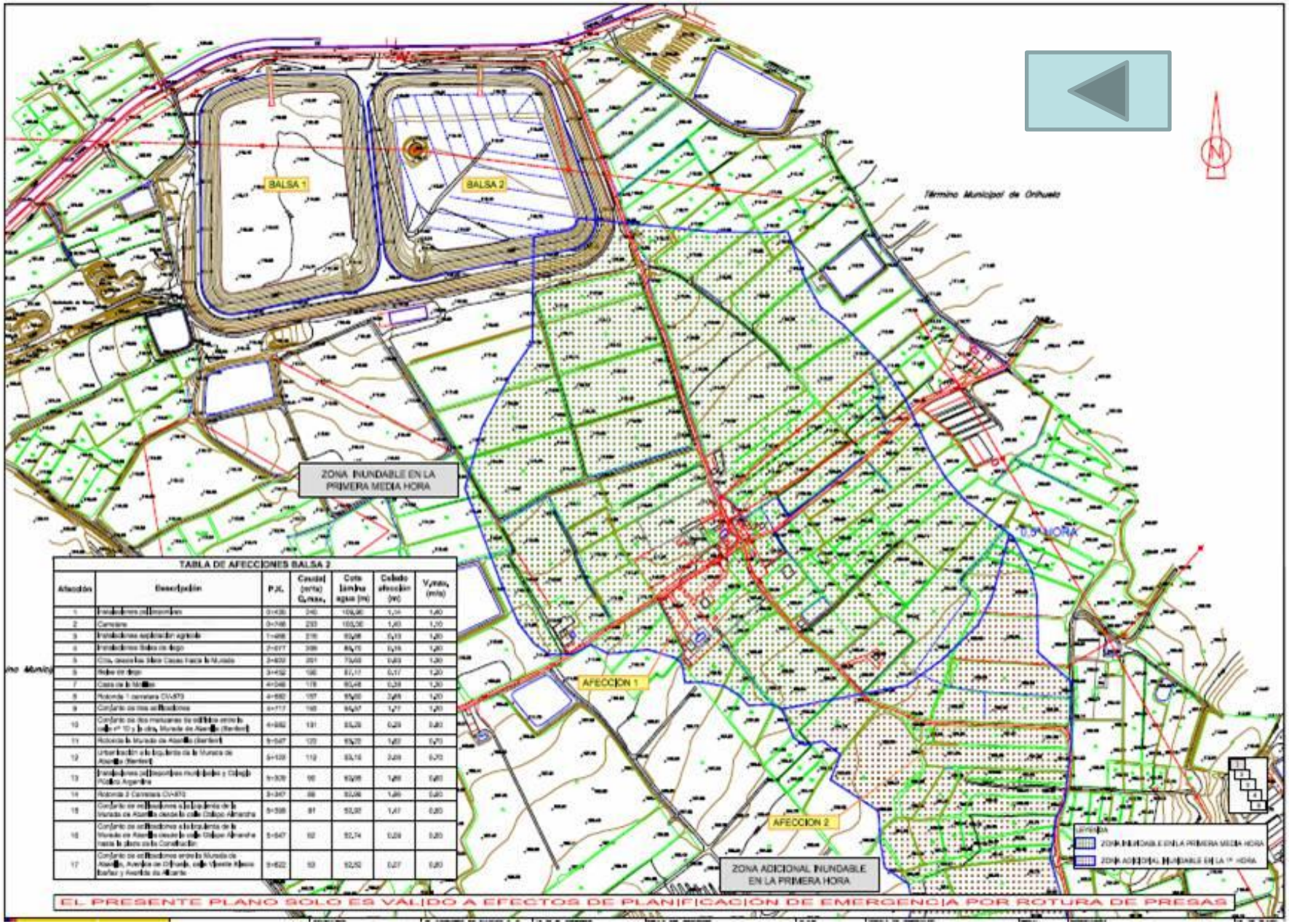


TABLA DE AFECCIONES BALSA 2

Afección	Descripción	P.K.	Caudal (m³/s) $Q_{max.}$	Cota lámina agua (m)	Calado afección (m)	$V_{max.}$ (m/s)
1	Parcelaciones polígonos	0+430	240	109,96	1,01	1,60
2	Carretera	0+748	233	103,50	1,40	1,20
3	Parcelaciones explotación agrícola	1+498	216	93,98	0,10	1,80
4	Parcelaciones fallas en dique	2+017	209	85,70	0,16	1,80
5	Cruz, desde las fallas Casas hasta la Murada	2+429	201	79,60	0,83	1,80
6	Fallas en dique	3+152	196	87,17	0,17	1,20
7	Casa de la Matilla	4+048	178	80,48	0,28	1,20
8	Rotonda 1 carretera CV-870	4+682	157	85,60	2,68	1,20
9	Conjunto de casa en Rodalona	5+117	148	84,67	1,21	1,20
10	Conjunto de dos manzanas de edificios entre la calle nº 10 y la vía, Murada de Abanilla (Benferi)	4+682	131	83,28	0,28	0,80
11	Rotonda la Murada de Abanilla (Benferi)	5+547	120	83,20	1,07	0,70
12	Urbanización a la izquierda de la Murada de Abanilla (Benferi)	6+139	112	83,10	2,09	0,70
13	Parcelaciones polígonos municipales y Colegio Público Argentina	6+309	90	83,08	1,89	0,60
14	Rotonda 2 Carretera CV-870	6+347	88	83,08	1,86	0,60
15	Conjunto de edificaciones a la izquierda de la Murada de Abanilla desde la calle Obispo Alhandra	6+598	81	83,00	1,41	0,60
16	Conjunto de edificaciones a la izquierda de la Murada de Abanilla desde la calle Obispo Alhandra hasta la plaza de la Constitución	6+647	62	82,74	0,09	0,60
17	Conjunto de edificaciones entre la Murada de Abanilla, Avenida de Orihuela, calle Vicente Alberto Bañez y Avenida de Alicante	6+822	53	82,52	0,27	0,60

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