

## Jornada sobre la Gestión de la Seguridad en Balsas de Riego

# PROPUESTAS DE CLASIFICACIÓN DE BALSAS. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MARCO NORMATIVO

Fernando Espejo Almodóvar  
Profesor Titular de Universidad  
([espejo@usal.es](mailto:espejo@usal.es))  
Madrid, 19 de mayo de 2021

c) Balsa: Obra hidráulica consistente en una estructura artificial destinada al almacenamiento de agua **situada fuera de un cauce** y delimitada, total o parcialmente, por un dique de retención. **RD 9/2008**

Diario de Sevilla AGR ANDALUCÍA  
Balsas y presas, como mezclar churras con merinas  
LA OPINIÓN INVITADA  
**Balsas y presas, como mezclar churras con merinas**

• El autor pide un cambio racional en las normas para que distir

ANDRÉS DEL CAMPO  
20 ABRIL 2016 - 07:00h



SANTA CRUZ DE TENERIFE  
**Medio millón para arreglar la balsa de La Caldereta, con 9.000 roturas**

Se inauguró en 2015 y antes de un año tuvo que dejar de recibir agua al tener miles de parches o agujeros en su lámina. Aguas ha aprobado el proyecto de impermeabilización.

V.M., Fuencaliente 20/abr/16 6:17 AM Edición impresa

Viernes 25 de abril de 2008 Contacta con levante-emv.com | RSS  
**levante-emv.com** El Mercantil Valenciano  
NOTICIAS Comarcas HEMEROTECA >>  
PORTADA ACTUALIDAD DEPORTES OPINION/BLOGS ECONOMIA OCIO VIDA Y ES  
C.Valenciana Valencia Comarcas Castelló Sucesos España Internacional Cultura Sociedad Tecnología Gente Fallas

EN DIRECTO El Congreso debate y vota el decreto para la reforma de la estiba

Levante-EMV.com » Comarcas

la vall d'albaida

**Una balsa de Montitxelvo pierde 11.000 m3 de agua al día desde enero por una rotura**

El retraso de la reparación puede perjudicar a la cosecha de verano



Una avalancha de 12 millones de litros de agua al romperse una balsa sorprende a los vecinos de Chiva | Edición impresa | EL PAÍS

COMUNIDAD VALENCIANA

**Una avalancha de 12 millones de litros de agua al romperse una balsa sorprende a los vecinos de Chiva**

BEGOÑA NAVARRO  
Chiva - 30 ENE 2003

elEconomista.es

**Fuerte descontrol en las balsas de riego**

Tomás Díaz

22/04/2015 - 13:54

- En Murcia hay más de una balsa de riego por kilómetro cuadrado
- Las grandes balsas

La Administración ap la aplicación de la nor

Provincia Cáceres | Cáceres Plasencia Trujillo Navalmoral Coria HOY Agro

**Las calles de Valverde de la Vera se llenan de barro por la rotura en una balsa de agua**



Imagen de la inundación que ha sorprendido a los vecinos de Valverde de la Vera

No se ha registrado ningún herido ni desaparecido

REDACCIÓN/EFE  
Miércoles, 5 julio 2017, 10:23



# •SUMARIO

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

1

2

3

4

5

6

1

2

3

4

5

6



## • Introducción



“PROPUESTAS DE CLASIFICACIÓN DE BALSAS  
APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MARCO NORMATIVO”

19 de mayo de 2021

# introducción

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

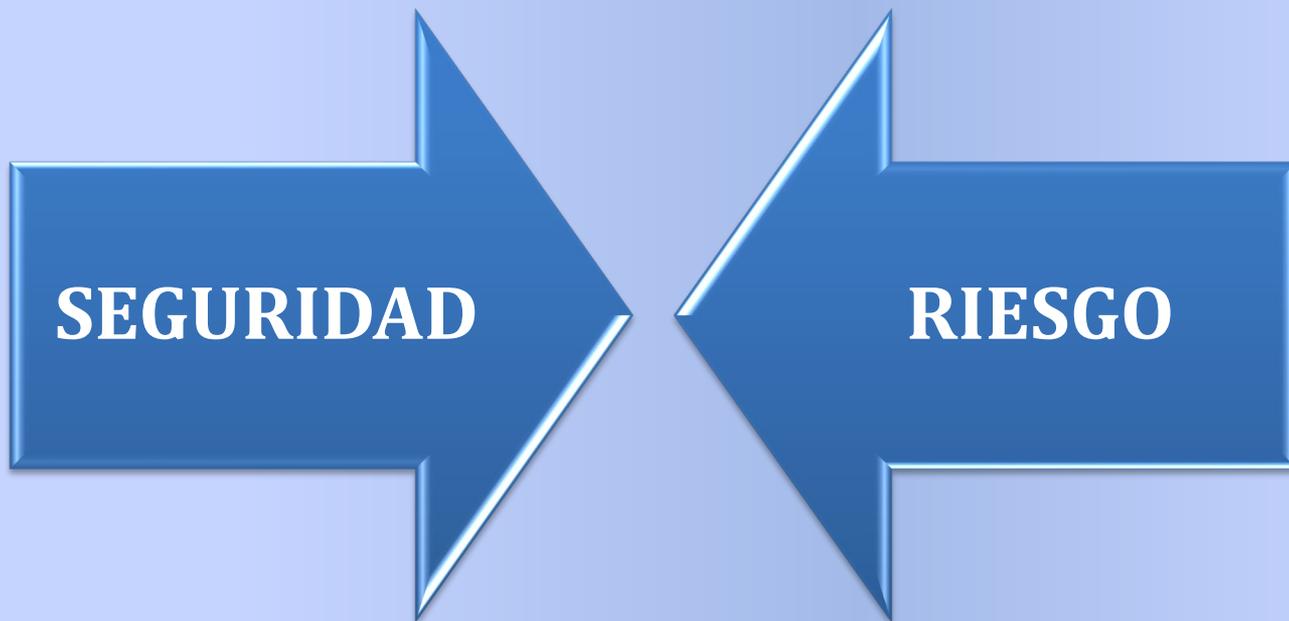
2. OBJETIVOS

3. CONTEXTO

4. METODOLOGÍA

5. RESULTADOS

6. CONCLUSIONES



ESCUELA POLITÉCNICA DE AVILA SUPERIOR



Fernando Espejo Almodóvar

(Bowles, 2007)



“PROPUESTAS DE CLASIFICACIÓN DE BALSAS APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MARCO NORMATIVO”

19 de mayo de 2021

introducción

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

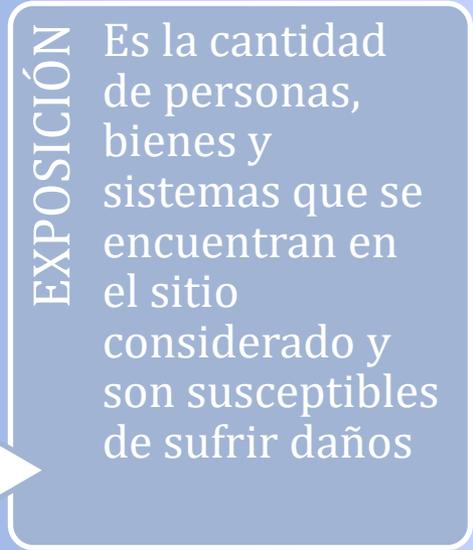
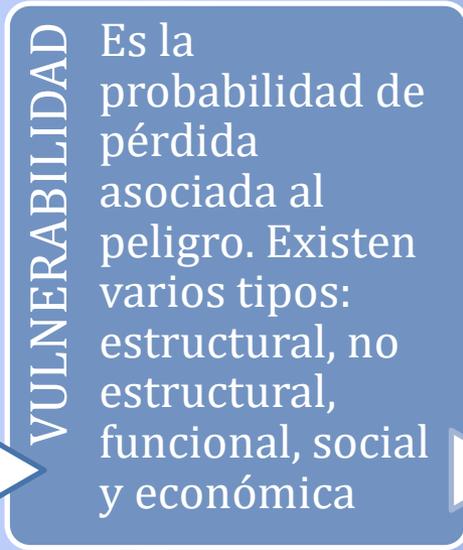
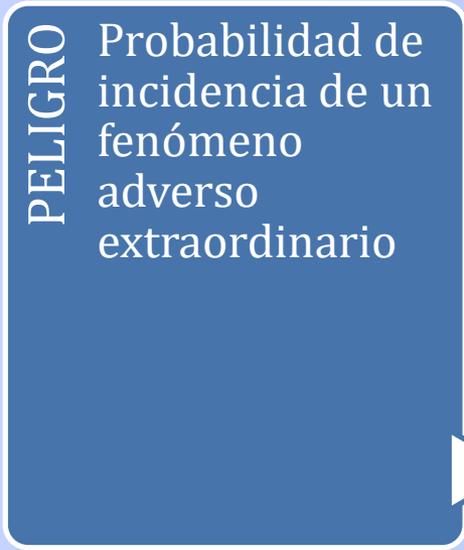
2. OBJETIVOS

3. CONTEXTO

4. METODOLOGÍA

5. RESULTADOS

6. CONCLUSIONES





“PROPUESTAS DE CLASIFICACIÓN DE BALSAS  
APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MARCO NORMATIVO”

19 de mayo de 2021

# introducción

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

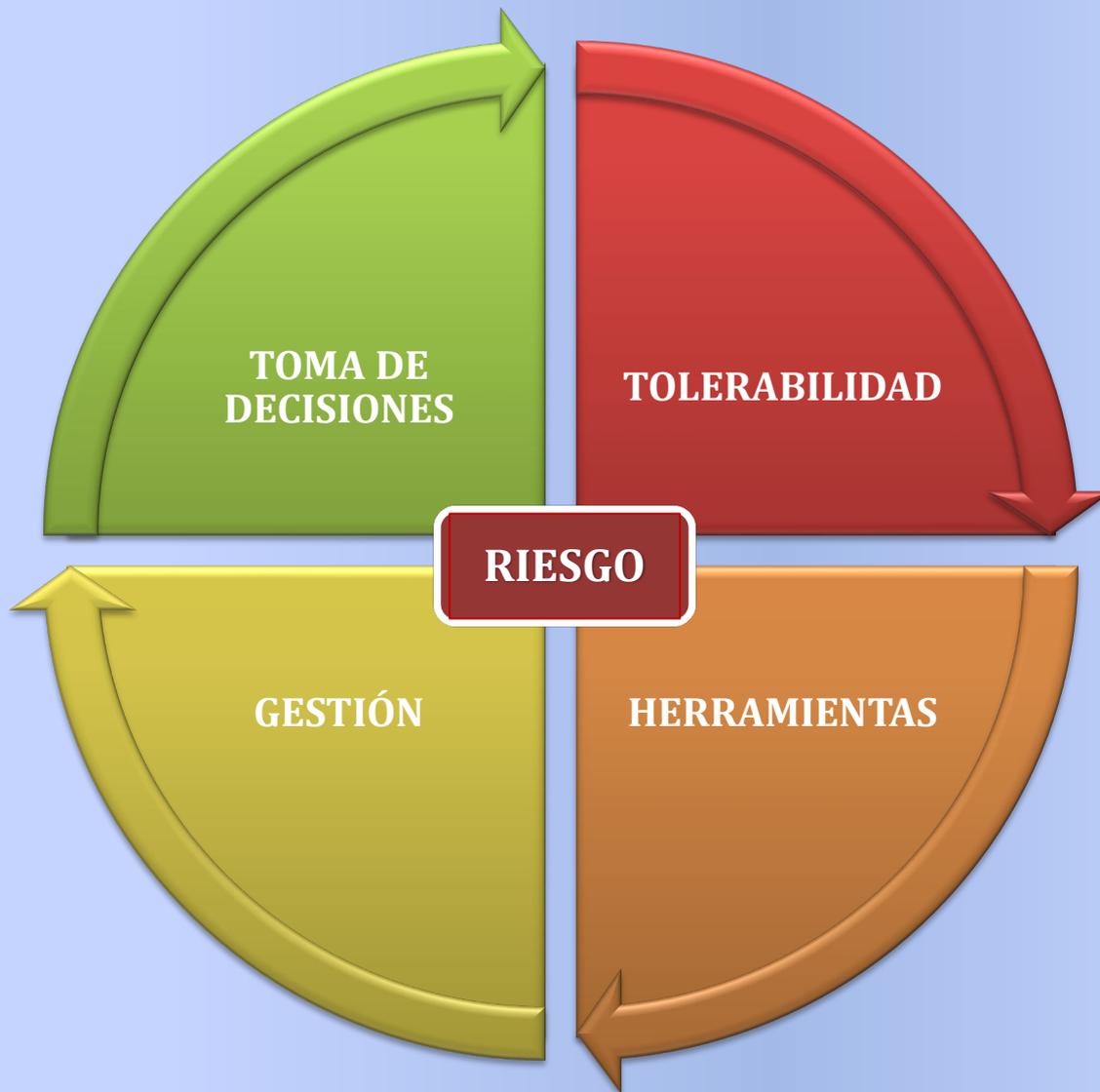
2. OBJETIVOS

3. CONTEXTO

4. METODOLOGÍA

5. RESULTADOS

6. CONCLUSIONES





# 2



• **Objetivos**

19 de mayo de 2021

# objetivos

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

**...en este marco esta presentación propone:**

### **Describir:**

*Las exigencias normativas que recaen sobre los titulares de estas infraestructuras de regulación.*

### **Mostrar:**

*El procedimiento definido en la normativa para justificar la propuesta de clasificación de la balsa.*

### **Explicar:**

*Un ejemplo práctico de implementación de la metodología convencional de la guía técnica\*.*

### **Proponer:**

*Una nueva metodología, propia para balsas, que considere su especificidad y las diferencias sustanciales con las presas.*

(\*). Guía Técnica de Clasificación de Presas en Función del Riesgo Potencial (1996).

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

# 3



•Contexto

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

**REAL DECRETO 9/2008, por el que se modifica el Reglamento de DPH (1986)**



Nuevo Título VII :

“ De la SEGURIDAD DE PRESAS, EMBALSES Y  
**BALSAS**”

Se incorporan a las disposiciones las BALSAS que cumplan con alguna de estas condiciones:

- Por sus dimensiones se clasifiquen como grandes presas (art.358.a)
- Por su riesgo potencial, se clasifiquen en A o B (art.358.b).



**CONSECUENCIAS DIRECTAS PARA LOS TITULARES AL TENER QUE CUMPLIMENTAR LAS EXIGENCIAS NORMATIVAS**

19 de mayo de 2021

contexto

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

...pero, ¿qué es una  
 balsa?...

**PRESA:** *Cualquier estructura artificial que, limitando en todo o parte el contorno de un recinto enclavado en el terreno, esté destinada al almacenamiento de agua dentro del mismo, entendiéndose incluidas las balsas de agua.*

...el RD 9/2008  
 señala:

**ALTURA DE PRESA:** *Diferencia de cota entre el punto más bajo de la cimentación, sin tener en cuenta los rastrillos, pantallas de impermeabilización, rellenos de grietas u otros elementos semejantes, y el punto más alto de la estructura resistente.*

**BALSA:** *Infraestructura de retención situada fuera de su cauce y delimitada total o parcialmente por un dique de retención.*

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

**EMBALSE:** *Recinto artificial de agua limitado, en todo o parte, por la presa. También se refiere al conjunto de terreno, presa y agua almacenada, junto con todas las estructuras auxiliares relacionadas con estos elementos y su funcionalidad*

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

## CLASIFICACIÓN PRESAS Y EMBALSES (I)

### RD 9/2008 art.358 - Categorías



#### a) SEGÚN SUS DIMENSIONES:

**GRAN PRESA**  $H > 15 \text{ m}$   
 $10 \text{ m} < H < 15 \text{ m}$  y  $V_{\text{emb.}} > 1 \text{ Hm}^3$

#### b) SEGÚN SU RIESGO POTENCIAL DERIVADO DE UNA POSIBLE ROTURA O FUNCIONAMIENTO INCORRECTO :

- **A:** Afección grave a núcleos urbanos o servicios esenciales, o daños materiales o medioambientales muy importantes.
- **B:** Afección a reducido nº viviendas o daños materiales o medioambientales importantes.
- **C:** Daños materiales moderados e incidentalmente pérdidas de vidas humanas. Todas aquellas no incluidas en categoría A y B.

“PROPUESTAS DE CLASIFICACIÓN DE BALSAS  
 APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MARCO NORMATIVO”

19 de mayo de 2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

**CLASIFICACIÓN PRESAS Y EMBALSES (II)**  
**Reglamento Técnico Seguridad Presas y**  
**Embalses 1996**

**Añade también como “Gran Presa” las que estando entre 10 y 15 m. cumplen al menos una de estas condiciones:**

- Capacidad de desagüe > 2.000 m<sup>3</sup>/s
- Longitud de coronación > 500 m.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

...pero, ¿qué implica esta “nueva” coyuntura para los titulares de las balsas?

Según RD 9/2008

## CLASIFICACIÓN Y REGISTRO

Artículo 367.1: “Los titulares de presas y balsas de altura superior a 5 m o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m<sup>3</sup>, de titularidad privada o pública, existentes, en construcción o que se vayan a construir, estarán **obligados** a solicitar su clasificación y registro”.

Por lo que la gran mayoría de las balsas en zonas regables deben ser clasificadas y registradas por sus titulares y cumplir las obligaciones de seguridad que tal clasificación conlleva

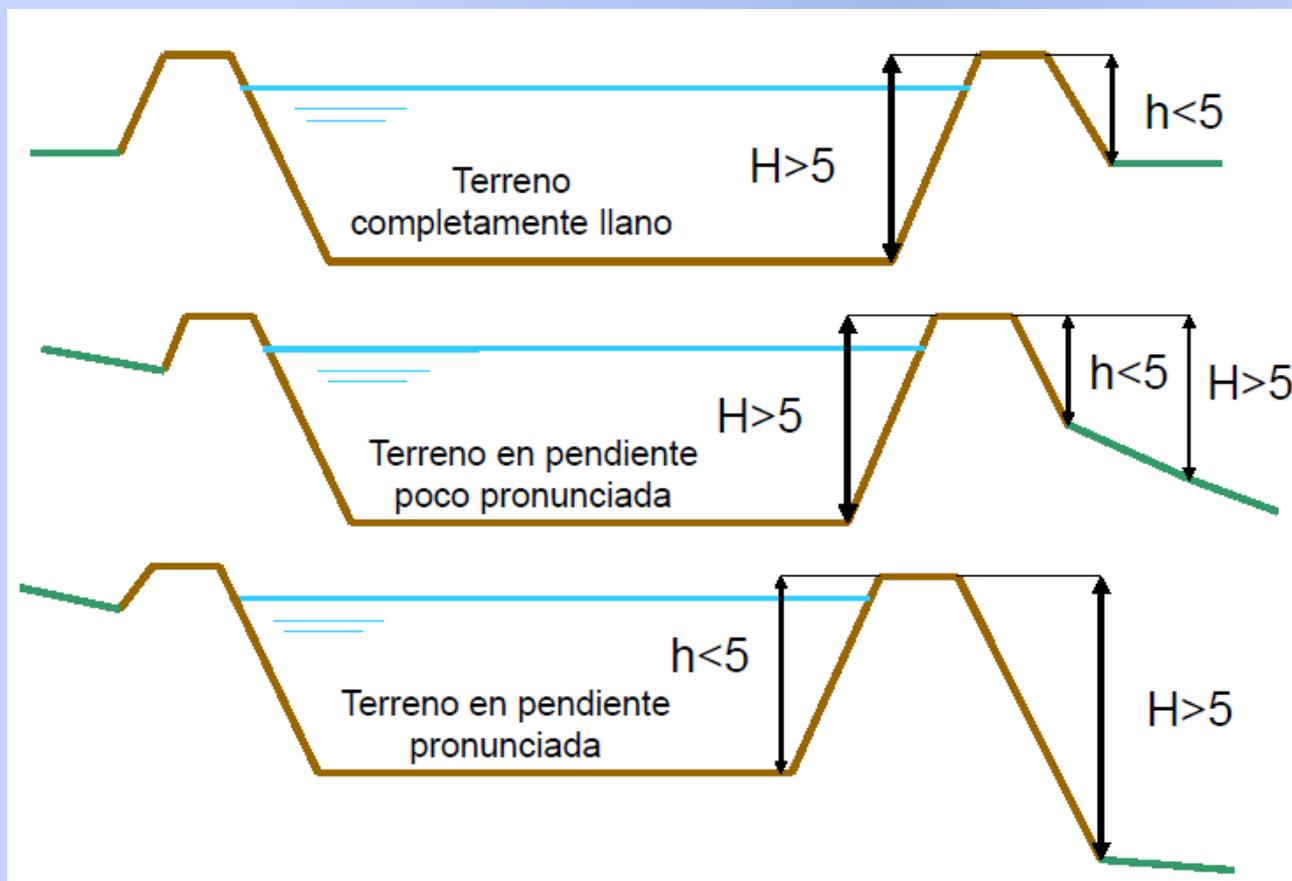
19 de mayo de 2021

contexto

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

...pero, ¿cómo  
 entendemos esa altura  
 de balsa?...



(Pablo Pérez Senderos, 2019)

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

## ...y ¿cuáles son las obligaciones de seguridad a cumplir por los titulares?...

### ...RD 9/2008:

#### CATEGORÍA A

- Archivo técnico.
- Normas explotación.
- Plan de emergencia.
- Proyecto implantación plan de emergencia.
- Implantación Plan Emergencia.
- Revisión de Seguridad cada 5 años (o 3 años\*).
- Comprobar cumplimiento de puesta en carga

#### CATEGORÍA B

- Archivo técnico.
- Normas explotación.
- Plan de emergencia.
- Proyecto implantación plan de emergencia.
- Implantación Plan Emergencia.
- Revisión de Seguridad cada 10 años (o 4 años\*).
- Comprobar el cumplimiento de puesta en carga.

#### CATEGORÍA C

- Archivo técnico simplificado.
- Normas explotación.
- Revisión de Seguridad cada 10 años (o 6 años\*).

(\*) según lo dispuesto en la Disposición transitoria primera, para presas y embalses existentes.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

...¿cómo categorizamos para poder clasificarlas?...

...atendiendo a:

**Daños  
personales**

**Daños servicios  
esenciales**

**Daños  
materiales**

**Daños  
medioambientales**

19 de mayo de 2021

contexto

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

## ...a ¿qué llamamos daños PERSONALES?...

CATEGORÍA DE DAÑOS	DAÑOS POTENCIALES		
	INCIDENTAL (puede ocurrir daño)	REDUCIDO	GRAVE
Afecciones a viviendas: Número de inmuebles habitados	-	1 < n° < 5	n° > 5
Áreas de acampada estables, zonas con aglomeraciones habituales...	-	-	*

## ...y a ¿SERVICIOS ESENCIALES?

CATEGORÍA DE DAÑOS (Número de habitantes afectados por...)	CATEGORÍA DE INFRAESTRUCTURA		
	C	B	A
Abastecimiento y saneamiento	-	-	n° > 10 000
Suministro de energía			
Sistema sanitario			
Sistema de comunicaciones			
Sistema de transporte			

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

## ...a ¿qué llamamos daños MATERIALES?

CATEGORÍA DE DAÑOS	DAÑOS POTENCIALES		
	MODERADOS	IMPORTANTES	MUY IMPORTANTES
Daños a industrias y polígonos industriales: Número de instalaciones afectadas	3 <nº<10	10<nº<50	nº>50
Daños a las propiedades rústicas: Número de propiedades afectadas	3 <nº<10	10<nº<50	nº>50
Daños a las infraestructuras.	Resto de ctas.	Ctras. Red Gral. CC.AA. y FF.CC. Vía Estrecha	Ctras. Red Gral. Estado, Ctras. Red Básica CC.AA. y FF.CC. Vía ancha o AVE
Daños a cultivos: Número de has afectadas	1500 <secano<3000 500 <regadío<1000	3000 <secano<5000 1000 <regadío<3000	secano>5000 regadío>3000

## ...y a ¿daños MEDIOAMBIENTALES?

Todo aquel bien que posea una figura de protección legal:

- Bienes declarados de Interés Cultural
- Parques Nacionales
- Parques Naturales
- Zonas ZEPA ...

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

... ¿cómo reconozco el daño?...

...identificando la peligrosidad...

... en dos variables hidráulicas:  
**Velocidad y calado**

**Cuyos umbrales de afección grave se  
 pueden resumir en:**

**1 m/s y 1 m**

**Y su interacción:**

**$v \cdot y > 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$**

19 de mayo de 2021

contexto

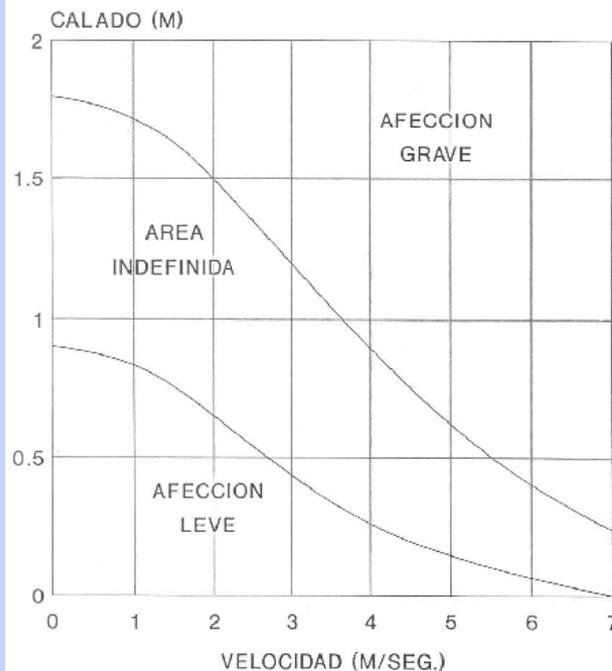
## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

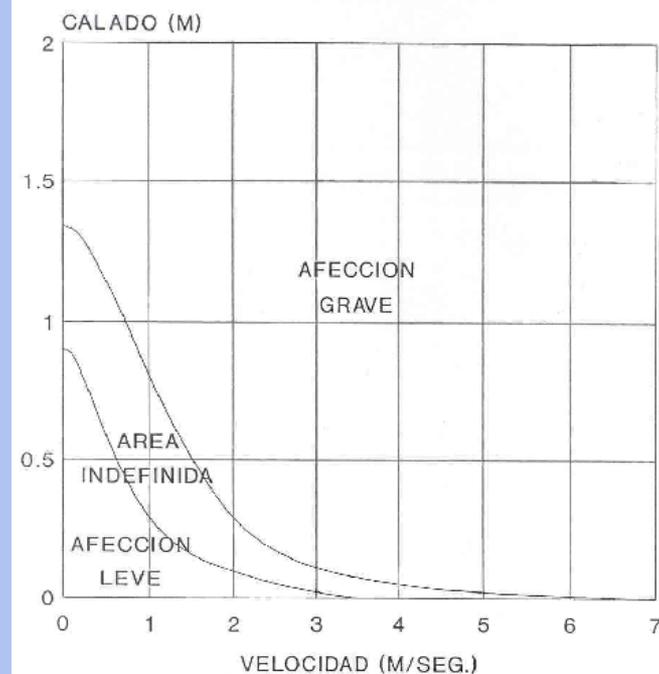
... ¿cómo reconozco el daño?...

...identificando la peligrosidad.

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



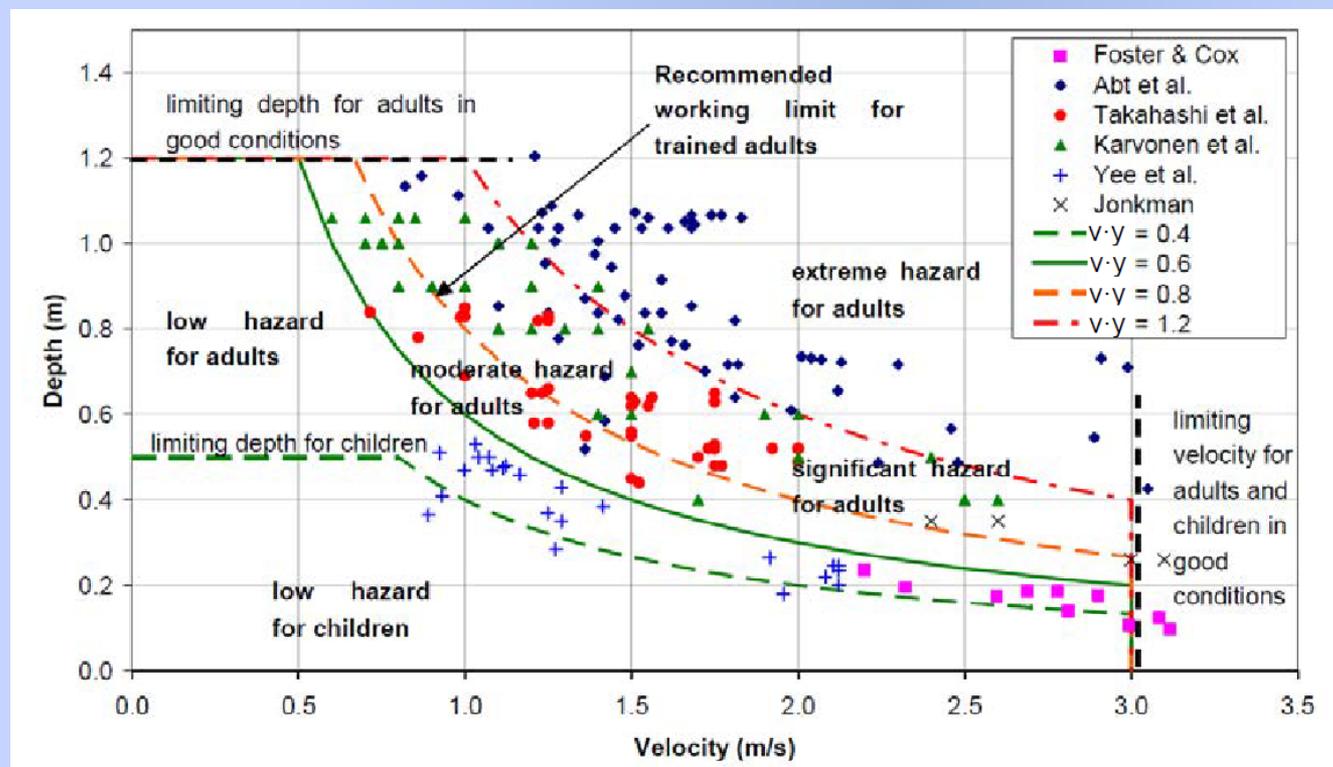
RIESGO PARA VIDAS EN FUNCION DEL CALADO Y LA VELOCIDAD  
 B) EN CAMPO ABIERTO



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

## Comparativa de criterios de peligrosidad atendiendo a datos experimentales



1

2

3

4

5

6



# 4

- Metodología

19 de mayo de 2021

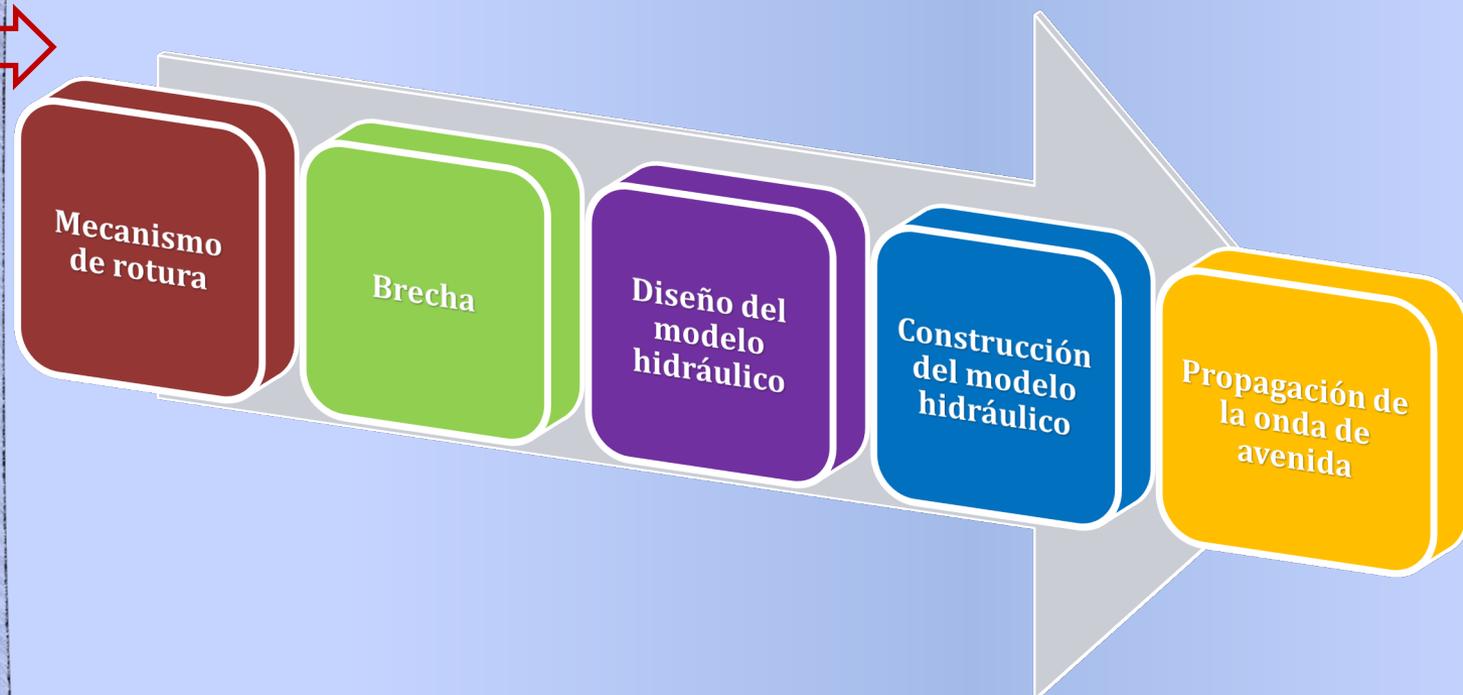
metodología

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. **METODOLOGÍA**
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

## FASES

### FUNDAMENTO METODOLOGÍA GUÍA TÉCNICA





“PROPUESTAS DE CLASIFICACIÓN DE BALSAS  
APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MARCO NORMATIVO”

19 de mayo de 2021

metodología

ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN
- 2. OBJETIVOS
- 3. CONTEXTO
- 4. METODOLOGÍA
- 5. RESULTADOS
- 6. CONCLUSIONES



**PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LA BALSA**

(\*) Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (2011).

POLITÉCNICA DE ÁVILA  
SUPERIOR  
ESCUELA



Fernando Espejo Almodóvar

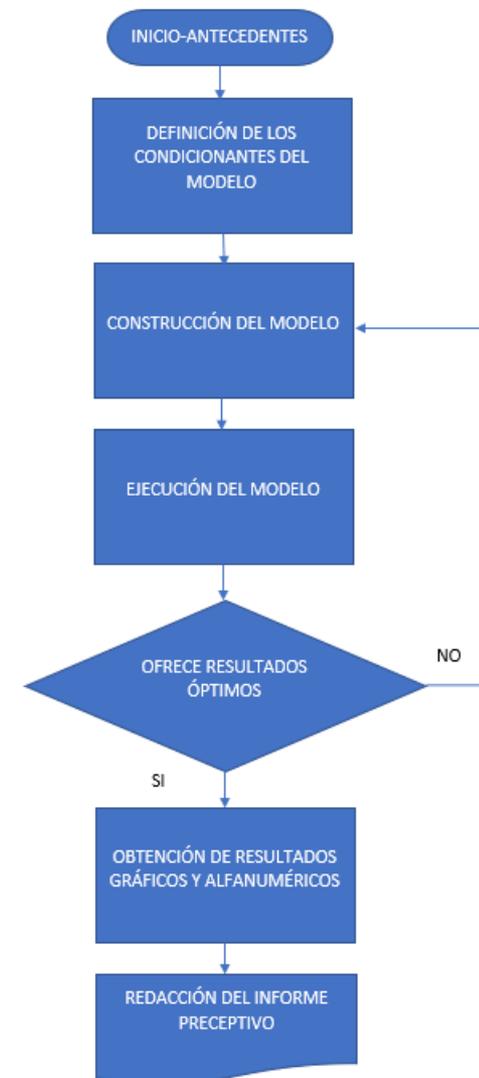
19 de mayo de 2021

# metodología

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

**LA BASE PARA GARANTIZAR UN  
 CORRECTO ANÁLISIS DE LOS DAÑOS  
 QUE JUSTIFIQUE LA PROPUESTA DE  
 CLASIFICACIÓN ES EL DISEÑO DEL  
 MODELO HIDRÁULICO QUE ANALICE  
 TODOS LOS CONDICIONANTES  
 POSIBLES**



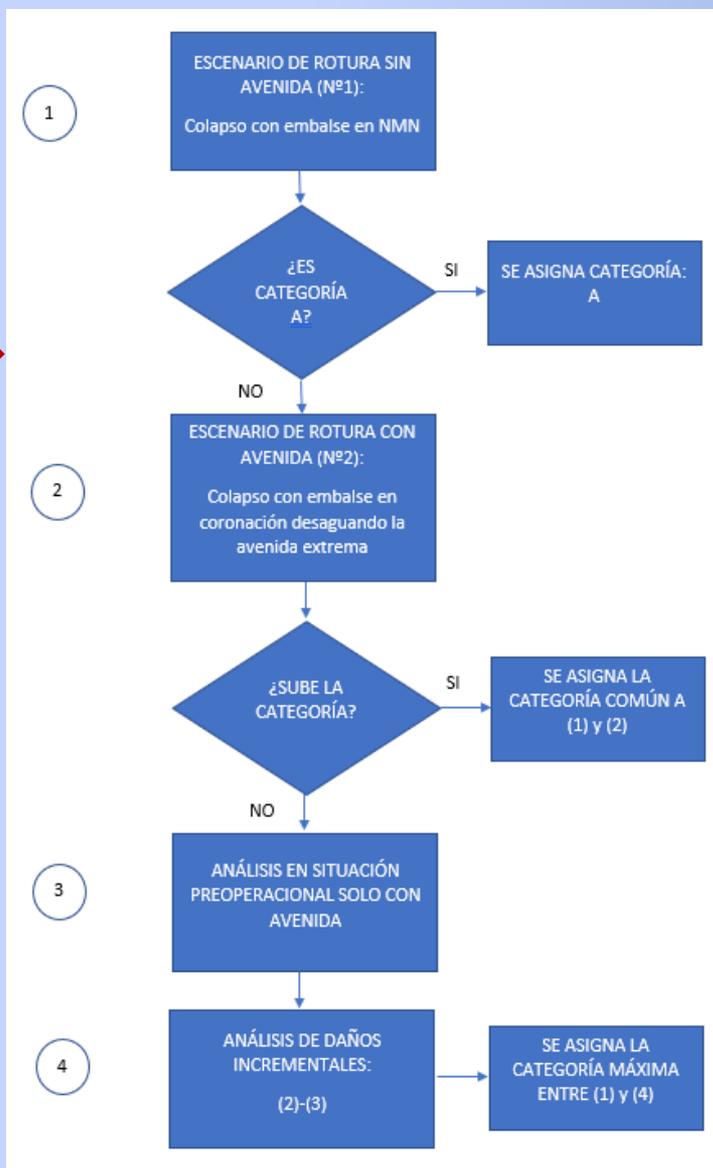
“PROPUESTAS DE CLASIFICACIÓN DE BALSAS  
APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MARCO NORMATIVO”

19 de mayo de 2021

# metodología

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES



**EL PROCEDIMIENTO QUE PERMITE ASIGNAR LA CATEGORÍA DE LA INFRAESTRUCTURA DESCRIBE UN FLUJO DE TRABAJO QUE PIVOTA SOBRE DOS ESCENARIOS DE CARGA PRINCIPALES\*:**

1. ROTURA A NMN
2. ROTURA EN CORONACIÓN EN CONJUNCIÓN CON LA AVENIDA EXTREMA

(\*) Modificado en la publicación de las NTS de presas (abril-2020)



“PROPUESTAS DE CLASIFICACIÓN DE BALSAS APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MARCO NORMATIVO”

19 de mayo de 2021

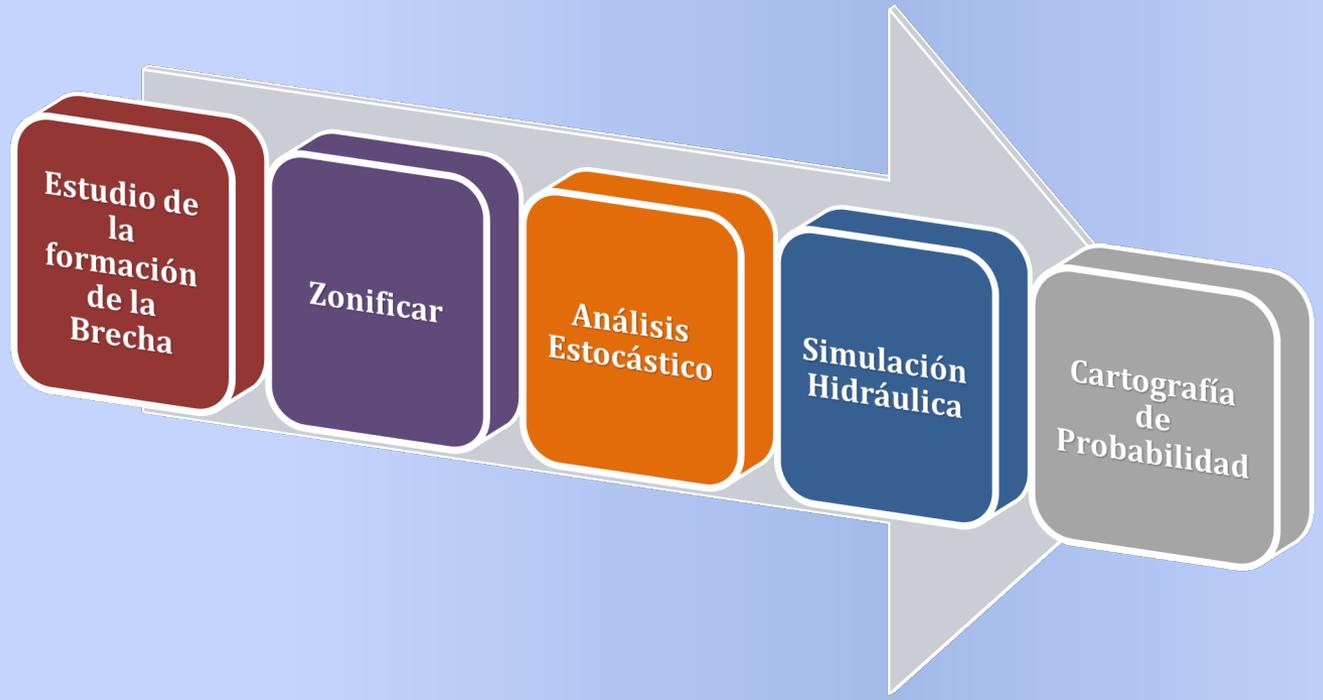
metodología

ESCUELA POLITÉCNICA DE AVILA SUPERIOR

ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN
- 2. OBJETIVOS
- 3. CONTEXTO
- 4. METODOLOGÍA
- 5. RESULTADOS
- 6. CONCLUSIONES

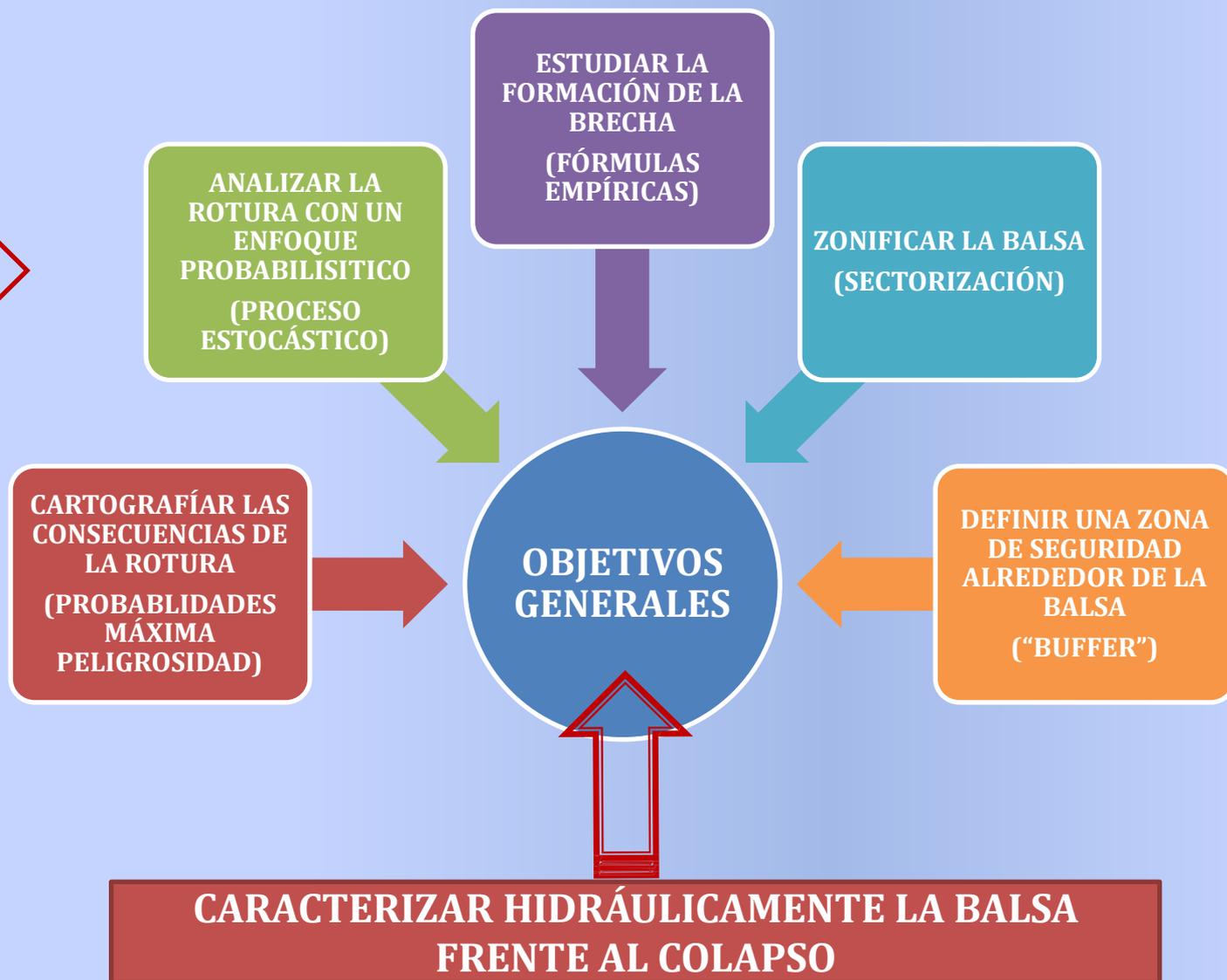
FASES-METODOLOGÍA PROPUESTA



Fernando Espejo Almodóvar

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES



“PROPUESTAS DE CLASIFICACIÓN DE BALSAS  
APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MARCO NORMATIVO”

19 de mayo de 2021

# metodología

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. **METODOLOGÍA**
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

ESTUDIAR LA FORMACIÓN DE LA BRECHA

Categorizar la balsa

Caracterizar la brecha

Obtener el hidrograma

ZONIFICAR

Sectorizar

Definir la zona de seguridad

ANÁLIZAR PROBABILIDADES ROTURA

Establecer probabilidades por sector

SIMULAR HIDRÁULICAMENTE LA ROTURA

Implementar modelos por sector

CARTOGRAFÍAR LAS CONSECUENCIAS DE LA ROTURA EN TÉRMINOS DE PROBABILIDADES

Obtener cartografía de peligrosidades por sector

Cartografiar riesgos globales

1

2

3

4

5

6



• **Resultados**



“PROPUESTAS DE CLASIFICACIÓN DE BALSAS APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MARCO NORMATIVO”

19 de mayo de 2021

resultados

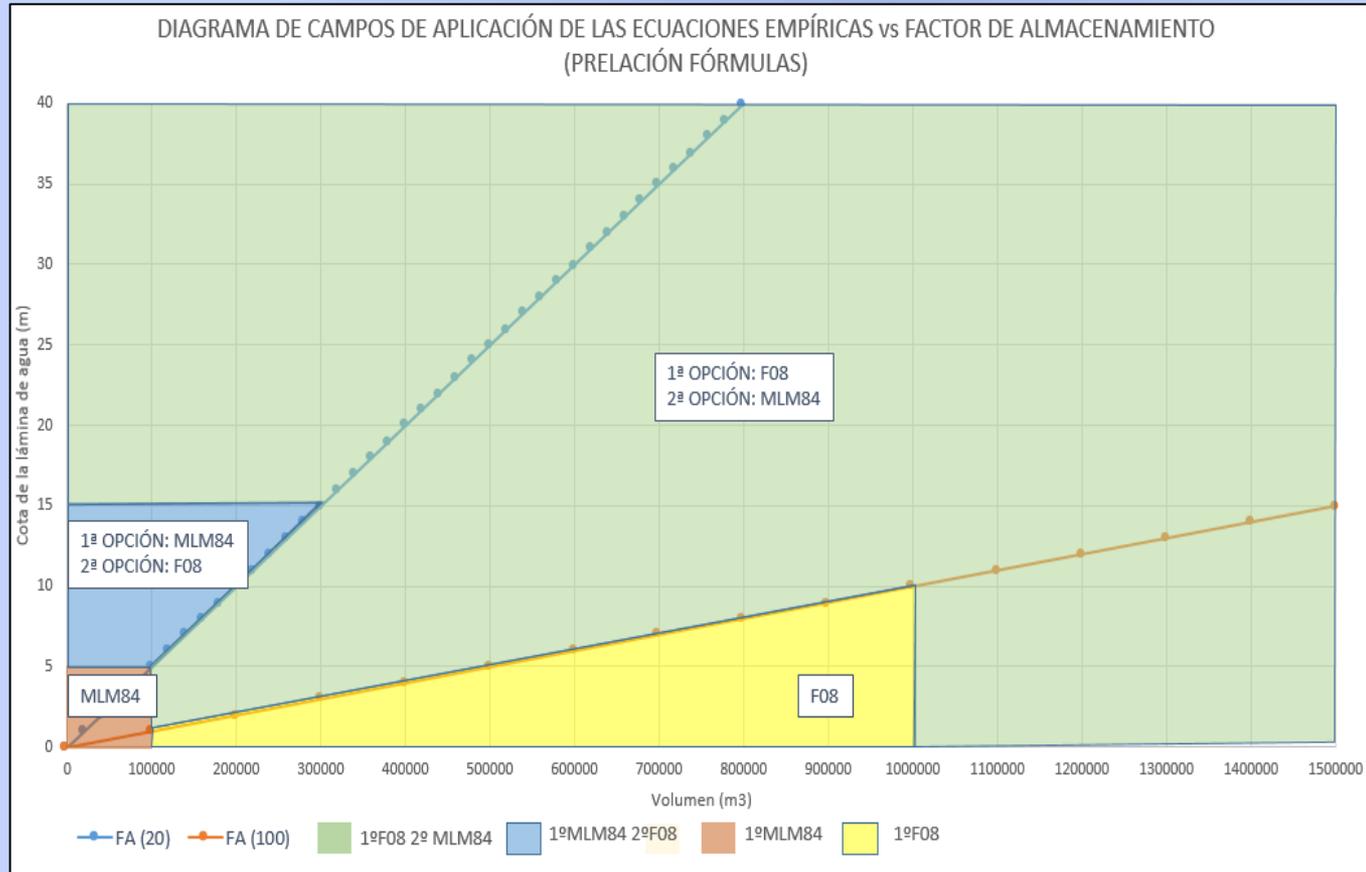
ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN
- 2. OBJETIVOS
- 3. CONTEXTO
- 4. METODOLOGÍA
- 5. RESULTADOS
- 6. CONCLUSIONES

SELECCIÓN DE LA FÓRMULA EMPÍRICA. CAMPOS DE APLICACIÓN

$$\text{Factor Almacenamiento} = \frac{\text{VOLUMEN MOVILIZABLE (m3)}}{\text{CARGA DE AGUA MOVILIZABLE (m)}}$$

(G. Baecher, Brubaker, Galloway, & Link, 2011)



1º fase:  
Estudio de la formación de la Brecha

Fernando Espejo Almodóvar

ESCUELA POLITÉCNICA DE AVILA SUPERIOR



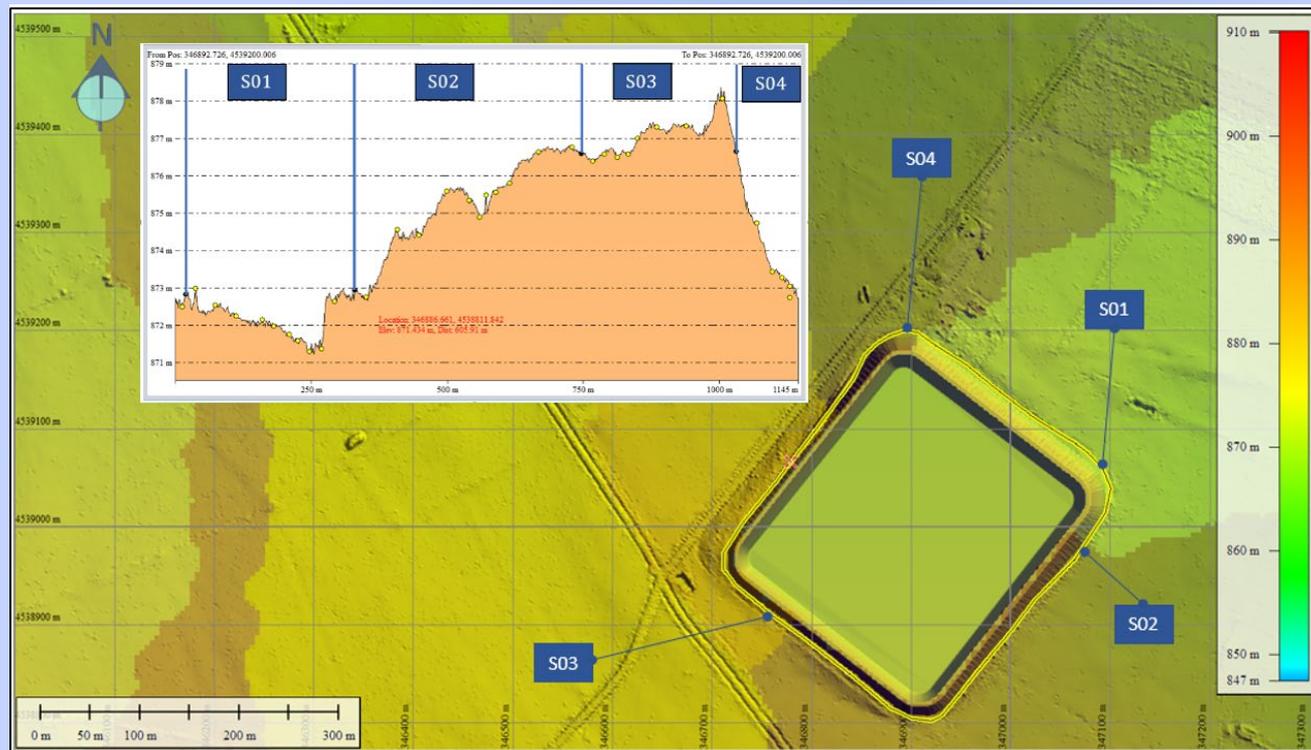
19 de mayo de 2021

resultados

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

## Sectorización de la Balsa Ubicación BRECHAS Balsa de Las Porteras



2<sup>a</sup> fase:  
 Zonificar

19 de mayo de 2021

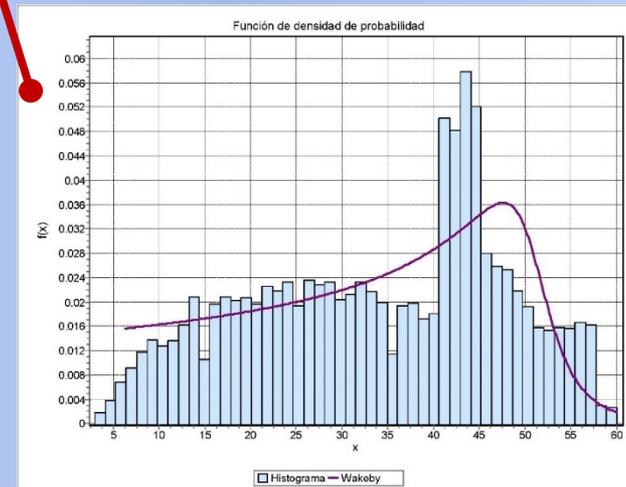
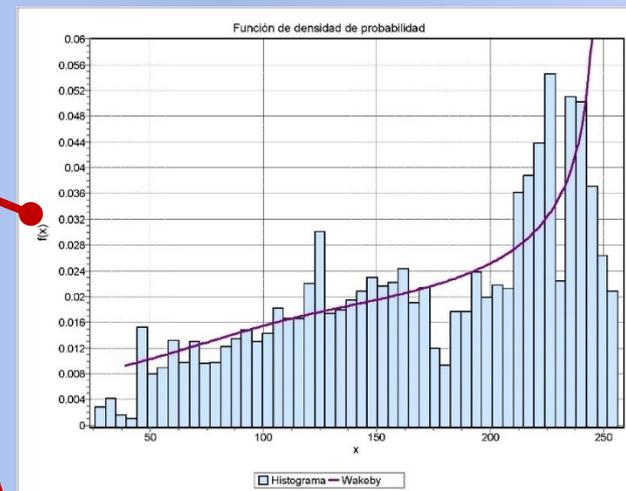
resultados

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

## Ajuste de funciones de distribución de probabilidades a los resultados de caudal (balsas pequeñas)

BALSA TIPO	ALTURA (m)	AJUSTE FUNCIÓN CONTINUA	INT. CONF. MEDIA
BT01	5	WAKEBY	0.257
	7.5	JOHNSON SB	0.760
	10	JOHNSON SB	1.578
BT02	5	WAKEBY	0.383
	7.5	WAKEBY	0.774
	10	WAKEBY	1.436
BT03	5	WAKEBY	0.500
	7.5	GEN. PARETO	0.980
	10	WAKEBY	1.672
BT04	5	WAKEBY	0.581
	7.5	WAKEBY	1.095
	10	WAKEBY	1.868
BT05	5	WAKEBY	0.686
	7.5	WAKEBY	1.326
	10	WAKEBY	2.215
BT06	5	GEN. GAMMA (4P)	0.811
	7.5	DAGUM (4P)	1.484
	10	WAKEBY	2.494
BT07	5	DAGUM	0.909
	7.5	GEN. GAMMA (4P)	1.750
	10	JOHNSON SB	2.598
BT08	5	WAKEBY	1.018
	7.5	ERROR	1.919
	10	JOHNSON SB	2.928
BT09	5	WAKEBY	1.173
	7.5	WAKEBY	2.103
	10	WAKEBY	3.474
BT10	5	ERROR	1.489
	7.5	WAKEBY	2.500
	10	GEN. GAMMA (4P)	3.872



(Gnanadesikan, 2011; Wilk & Gnanadesikan, 1968)



“PROPUESTAS DE CLASIFICACIÓN DE BALSAS  
 APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MARCO NORMATIVO”

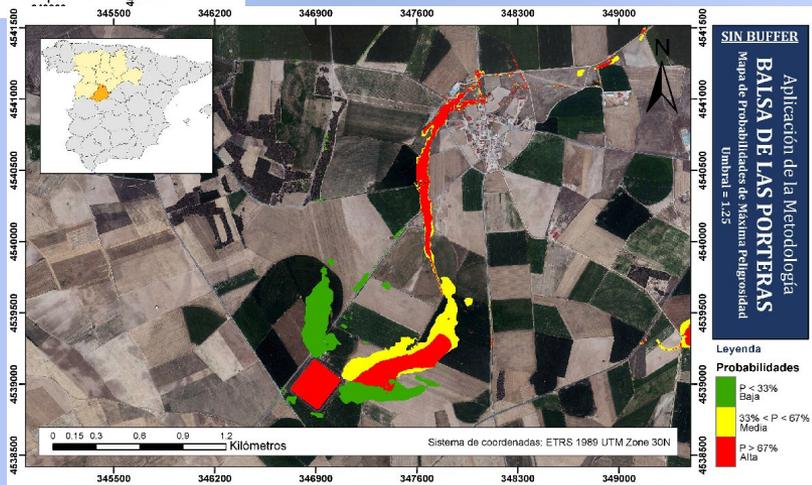
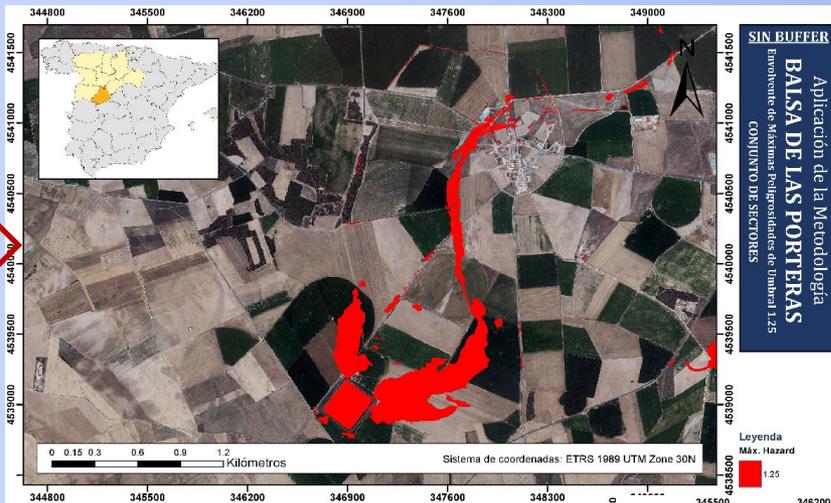
19 de mayo de 2021

resultados

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

**Validación del método. Aplicación a casos reales**  
**Balsa de Las Porteras (Ávila)**  
**Peligrosidades Máximas vs Probabilidades de Peligrosidades Máximas**



POLITÉCNICA DE ÁVILA DE SUPERIOR ESCUELA



Fernando Espejo Almodóvar

4ª fase:  
 Simulación  
 Hidráulica

5ª fase:  
 Cartografía  
 de  
 Probabilidad



# 6



• **Conclusiones**

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES



Mecanismo de rotura

- *Es importante reconocer la singularidad de la balsa a la hora de definir el mecanismo de colapso que condicionará el hidrograma final a transitar.*



Brecha

- *La balsa en su propia concepción fuera de cauce define un dique de cierre que deberá caracterizarse para poder sectorizarlo y estudiar una envolvente de roturas que responda a los requerimientos básicos de la clasificación*



Diseño del modelo hidráulico

- *Piedra angular de todo el procedimiento de clasificación ya que los errores cometidos en su concepción conllevarán resultados improbables en la estimación de daños y en la cartografía de peligrosidades.*

## METODOLOGÍA GUÍA TÉCNICA

19 de mayo de 2021

# conclusiones

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

Construcción  
del modelo  
hidráulico

- *Proceso iterativo de prueba y error que mostrará las bondades de la metodología empleada y que exige la definición de múltiples modelos de simulación hasta que el análisis de sensibilidad frente a las incertidumbres asociadas determine.*

Propagación  
de la onda de  
avenida

- *Causante de las afecciones que condicionen la propuesta. Deberá estudiarse cuidadosamente para garantizar una correcta obtención de resultados.*

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

## METODOLOGÍA PROPUESTA

1<sup>o</sup> fase:  
Estudio de  
la  
formación  
de la  
Brecha

1. Proponer una fórmula empírica de brecha específica a cada caso.
  - Balsa inferior a 100.000 m<sup>3</sup> y 5 m. de altura MLM84
  - Resto de balsas.- F08.
2. Ampliar con nuevos escenarios de rotura
3. Observar una sobreestimación de caudales la actual normativa
4. Adoptar el factor de almacenamiento para discriminar campos de trabajo de cada fórmula

2<sup>a</sup> fase:  
Zonificar

1. Justificar la situación de la brecha, geomorfológicamente
2. Proponer una zona de seguridad para minimizar la peligrosidad de los caudales de rotura, bautizada como “buffer”

3<sup>a</sup> fase:  
Análisis  
Estocástico

1. Justificar las probabilidades de ocurrencia de una brecha
2. Identificar la debilidad del método en la función de densidad de probabilidades utilizada
3. Ajustar funciones de distribución continuas a los caudales generados, solo con diagrama Q-Q
4. Identificar la función de distribución continua avanzada de Wakeby, como la más extendida, propia de precipitaciones extremas

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. CONTEXTO
4. METODOLOGÍA
5. RESULTADOS
6. CONCLUSIONES

4ª fase:  
Simulación  
Hidráulica

1. Es necesario analizar la sensibilidad de los resultados variando la resolución y precisión del modelo digital de elevaciones
2. Es necesario analizar la sensibilidad de los resultados variando la fuente cartográfica del modelo digital de elevaciones

5ª fase:  
Cartografía  
de  
Probabilidad

1. La probabilidad de ocurrencia de la brecha influye en las decisiones sobre la ordenación futura del territorio.

## Jornada sobre la Gestión de la Seguridad en Balsas de Riego

# PROPUESTAS DE CLASIFICACIÓN DE BALSAS. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MARCO NORMATIVO

Fernando Espejo Almodóvar  
Profesor Titular de Universidad  
([espejo@usal.es](mailto:espejo@usal.es))  
Madrid, 19 de mayo de 2021