



Jornada Técnica sobre

# Tipología, Evaluación y Gestión de Riesgos de Inundación

**15 de Octubre de 2010**

*Dr. Ignacio Escuder Bueno*

# Análisis y evaluación de riesgos de inundación

## Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

por

Dr. Ignacio Escuder  
Universidad Politécnica de Valencia

Dr. Enrique Matheu  
Department of Homeland Security, USA.

Jessica Castillo  
Universidad Politécnica de Valencia

# ESTRUCTURA

1. INTRODUCCIÓN
2. HERRAMIENTAS PARA ESTIMAR EL RIESGO DE INUNDACIÓN
3. CRITERIOS DE TOLERABILIDAD
4. METODOLOGÍA SUFRI DE ESTIMACIÓN DE RIESGO DE INUNDACIÓN
5. CASO PRÁCTICO DE APLICACIÓN
6. CONCLUSIONES Y RETOS

## 1. INTRODUCCIÓN

2. HERRAMIENTAS PARA ESTIMAR EL RIESGO DE INUNDACIÓN

3. CRITERIOS DE TOLERABILIDAD

4. METODOLOGÍA SUFRI DE ESTIMACIÓN DE RIESGO DE INUNDACIÓN

5. CASO PRÁCTICO DE APLICACIÓN

6. CONCLUSIONES Y RETOS

# Análisis y evaluación de riesgos de inundación

## Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

### INTRODUCCIÓN

### PROYECTO SUFRI



**FACTS**  
**Name:** SUFRI  
**Duration:** 2009 - 2011  
**Website:** <http://www.sufri.tugraz.at>  
**End:** Final international conference, autumn 2011, Graz



---

#### The Project

In the recent past, flood events occurred ever more frequently, and with snowballing effects for the landscape and its habitants. As a result of the current situations in many European cities that relate to flooding the demand of the population for absolute safety becomes top priority. In terms of the implementation of the Floods Directive in 2007 a broad basis of knowledge and tools, as well as the development of improved strategies for flood risk management are required.

Particularly in regard to urban areas flood protection and retention are more problematical than in rural areas due to limited space in combination with a high density of population. Flood analyses have shown that structural measures of flood protection are limited applicable and that absolute protection is not feasible.

The residual flood protection has to be achieved with non-structural measures such as forecast models, risk communication, and disaster control. Improving the risk awareness and increasing, thus, the public participation, respectively, is essential for coping with the effects in order to achieve an effective flood management.

#### The Objectives

The project SUFRI aspires an improvement of flood risk management in case of disaster flood especially in respect of non-structural measures.

To achieve a stable and effective flood event management, primarily the recent situation with the projected structural measures has to be evaluated to detect the weak spots in the technical system, infrastructure, as well as in the crisis coordination. Based on this information case scenarios will be worked out to get an estimation of the vulnerability of the structures, and additionally due to the analysed interaction of the differing consequences general arrangement drawings can be improved. Therefore six work packages will be carried out.

- WP1** Project management and coordination
- WP2** Advanced warning systems of small urban catchment areas
- WP3** Residual risk and vulnerability analysis
- WP4** Risk communication
- WP5** Optimization of the disaster control management
- WP6** Use and international comparison of disaster control management

#### The Case Studies



- GRAZ - Austria
- DRESDEN - Germany
- LODI - Italy
- VALENCIA / BENAGUASIL - Spain
- ARENYS DE MAR - Spain

To achieve recommendations for good practice international differences for a risk based management of the consequences of disaster flood will be surveyed. To analyse national proceedings, infrastructure, the efforts of rehabilitation, as well as the public's risk perception, case studies of vulnerable European cities will be undertaken. With the case studies the transnational approach can be compared and improved.



Jornada Técnica sobre Tipología, Evaluación y Gestión de Riesgos de Inundación

5

# Análisis y evaluación de riesgos de inundación

## Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

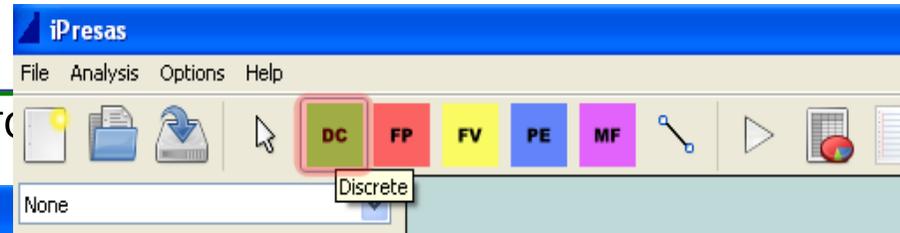
### INTRODUCCIÓN

#### PROYECTO MEC

TÍTULO DEL PROYECTO  
los programas  
rehabilitación  
embalses

ENTIDAD  
Nacional

DURACIÓN



	SlidingDr	Undermining	Total
<b>Probability</b>	1.69374439167e-006	8.395685835e-006	1.00894302267e-005
<b>Risk (euros)</b>	197.486076794	938.719336525	1136.20541332
<b>Risk (lives)</b>	0.00301963902844	0.0142992637428	0.0173189027713

**Results**

None

The event tree has 6732 branches.

Aceptar

	prob	AEP	Failure mode	Hov	MaxWL	Moment	PL	QBr	QRou	SOp	Tov	Under
1	0.0	0.0750593616814	Undermining	0.0	1195.41328446	day	1186.5	29342.6315891	0.0	2	0.0	1
2	0.0	0.0750593616814	Undermining	0.0	1195.41328446	night	1186.5	29342.6315891	0.0	2	0.0	1
3	0.0	0.0750593616814	SlidingDr	0.0	1195.41328446	day	1186.5	38422.2034652	0.0	2	0.0	0
4	0.0	0.0750593616814	SlidingDr	0.0	1195.41328446	night	1186.5	38422.2034652	0.0	2	0.0	0
5	0.0	0.0750593616814	SlidingDr	0.0	1195.41328446	day	1186.5	38422.2034652	0.0	2	0.0	0
6	0.0	0.0750593616814	SlidingDr	0.0	1195.41328446	night	1186.5	38422.2034652	0.0	2	0.0	0
7	0.0	0.0750593616814	SlidingDr	0.0	1195.41328446	day	1186.5	38422.2034652	0.0	2	0.0	0
8	0.0	0.0750593616814	SlidingDr	0.0	1195.41328446	night	1186.5	38422.2034652	0.0	2	0.0	0
9	0.0	0.0750593616814	SlidingDr	0.0	1195.41328446	day	1186.5	38422.2034652	0.0	2	0.0	0
10	0.0	0.0750593616814	SlidingDr	0.0	1195.41328446	night	1186.5	38422.2034652	0.0	2	0.0	0
11	0.0	0.0750593616814	SlidingDr	0.0	1195.41328446	day	1186.5	38422.2034652	0.0	2	0.0	0
12	0.0	0.0750593616814	SlidingDr	0.0	1195.41328446	night	1186.5	38422.2034652	0.0	2	0.0	0
13	0.0	0.0376187938389	Undermining	0.0	1196.84952461	day	1186.5	31940.790012	0.0	2	0.0	1
14	0.0	0.0376187938389	Undermining	0.0	1196.84952461	night	1186.5	31940.790012	0.0	2	0.0	1
15	0.0	0.0376187938389	SlidingDr	0.0	1196.84952461	day	1186.5	40671.3555328	0.0	2	0.0	0
16	0.0	0.0376187938389	SlidingDr	0.0	1196.84952461	night	1186.5	40671.3555328	0.0	2	0.0	0

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA

**INTRODUCCIÓN**  
**PROYECTO DAMSE**



## A European Methodology for the Security Assessment of Dams

A *risk assessment* procedure to support managers to evaluate the level of risk associated with the threat, consequences, and protective system effectiveness and identify the needs in terms of *security upgrades* or consequence mitigation for *risk reduction*

Análisis y evaluación de riesgos de inundación  
Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

**INTRODUCCIÓN**

**JORNADAS ANÁLISIS DE RIESGOS**

Valencia, del 26 al 29 de febrero / 26th-29th February, 2008

# ANÁLISIS DE RIESGOS EN SEGURIDAD DE PRESAS

RISK ANALYSIS AS  
APPLIED TO DAM SAFETY  
AND DAM SECURITY

[www.ipresas.upv.es](http://www.ipresas.upv.es)

EC-DAMSE WORKSHOP  
26 de febrero de 2008  
26th February 2008

CURSO TEÓRICO-PRÁCTICO  
THEORETICAL-PRACTICAL COURSE  
Del 27 al 29 de febrero de 2008  
27th-29th February 2008

## II SEMANA INTERNACIONAL SOBRE LA APLICACION DEL ANALISIS DE



## INTRODUCCIÓN

2007. Directiva Europea de Inundaciones (2007/60/EC), necesidad de disminución del riesgo mediante medidas estructurales y no estructurales

2008. Reglamento del Dominio Público Hidráulico, necesidad de contemplar la gestión del riesgo como un elemento fundamental de la Seguridad de las Presas (siguiendo el ejemplo de algunos de los países más desarrollados del mundo)

Decreto 81/2010. Plan Especial ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunitat Valenciana.

Real Decreto 903/2010. Evaluación y gestión de riesgos de inundación.

## INTRODUCCIÓN

Las actuaciones que se acometan estén justificadas en términos de eficiencia en la reducción de riesgos.

Los procesos de justificación y toma de decisiones sean transparentes, defendibles y socialmente válidos.

Se refuercen las labores de comunicación como elemento activo de reducción de riesgo.

1. INTRODUCCIÓN

**2. HERRAMIENTAS PARA ESTIMAR EL RIESGO DE INUNDACIÓN**

3. CRITERIOS DE TOLERABILIDAD

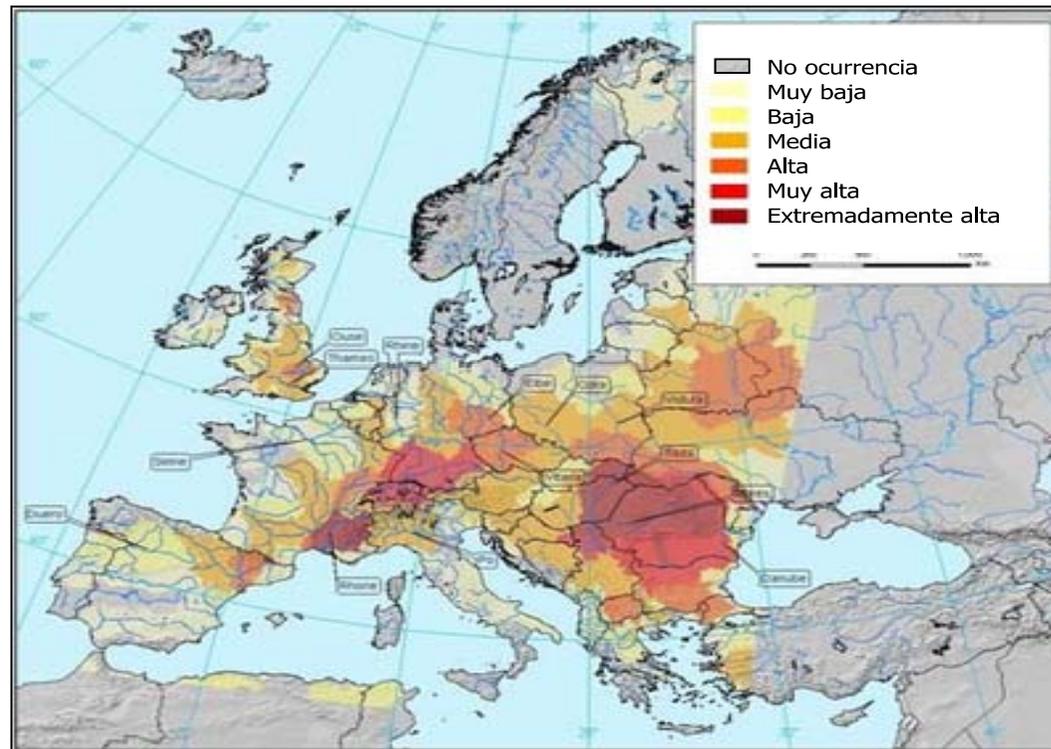
4. METODOLOGÍA SUFRI DE ESTIMACIÓN DE RIESGO DE INUNDACIÓN

5. CASO PRÁCTICO DE APLICACIÓN

6. CONCLUSIONES Y RETOS

Análisis y evaluación de riesgos de inundación  
Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

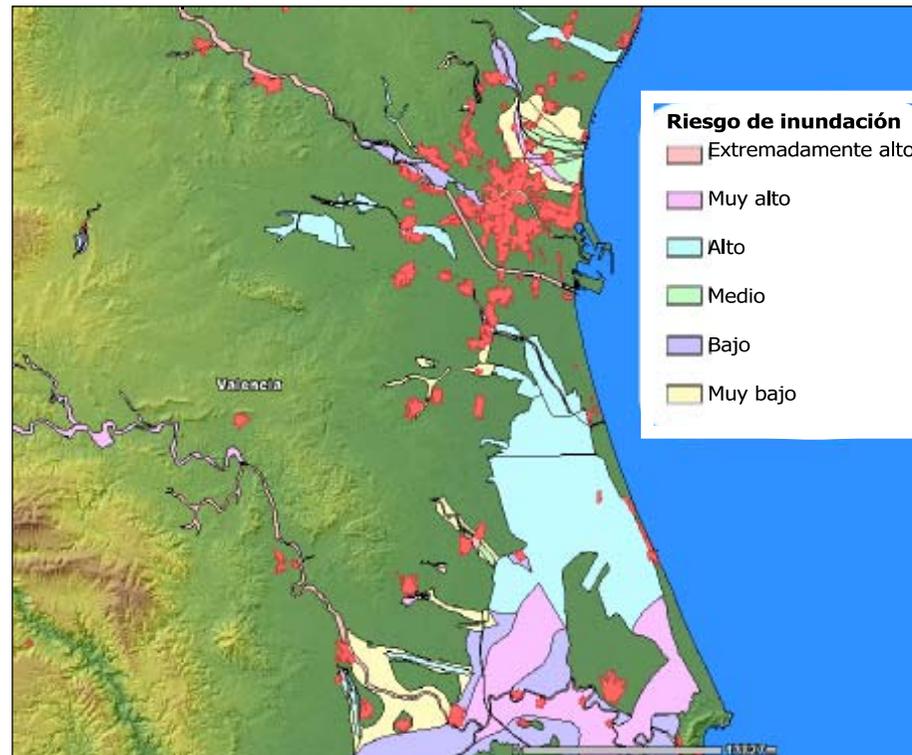
**HERRAMIENTAS**



*Mapa de los niveles de ocurrencia de inundación en Europa basado en los eventos históricos de inundación en el período 1998-2005 (EEA, 2006).*

Análisis y evaluación de riesgos de inundación  
Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

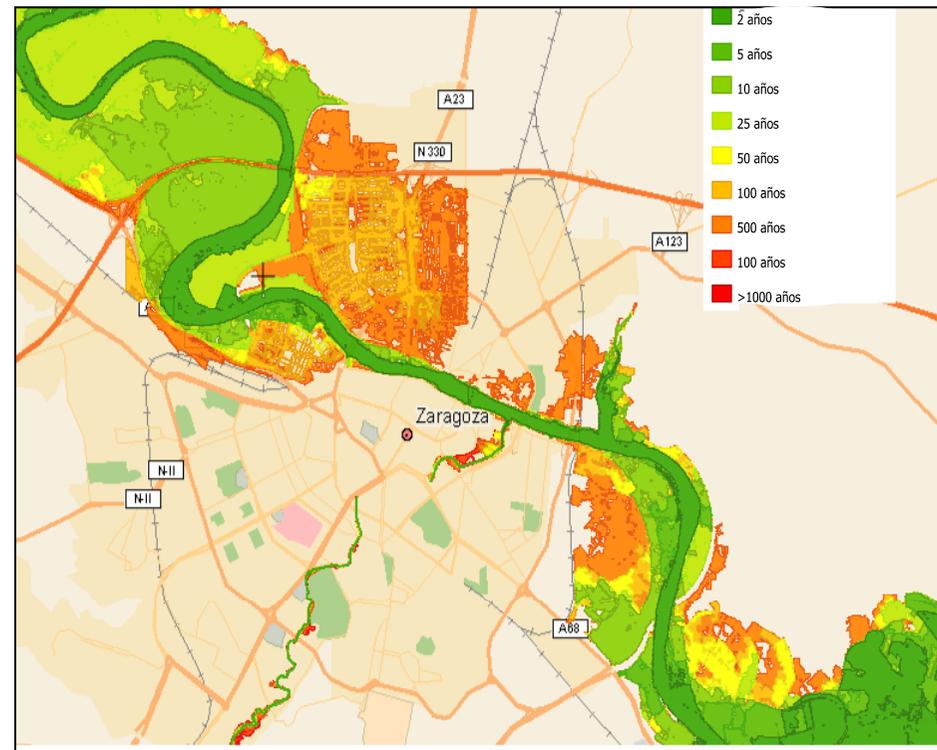
**HERRAMIENTAS**



Mapa de riesgo de inundación en Valencia (COPUT, 2002).

Análisis y evaluación de riesgos de inundación  
Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

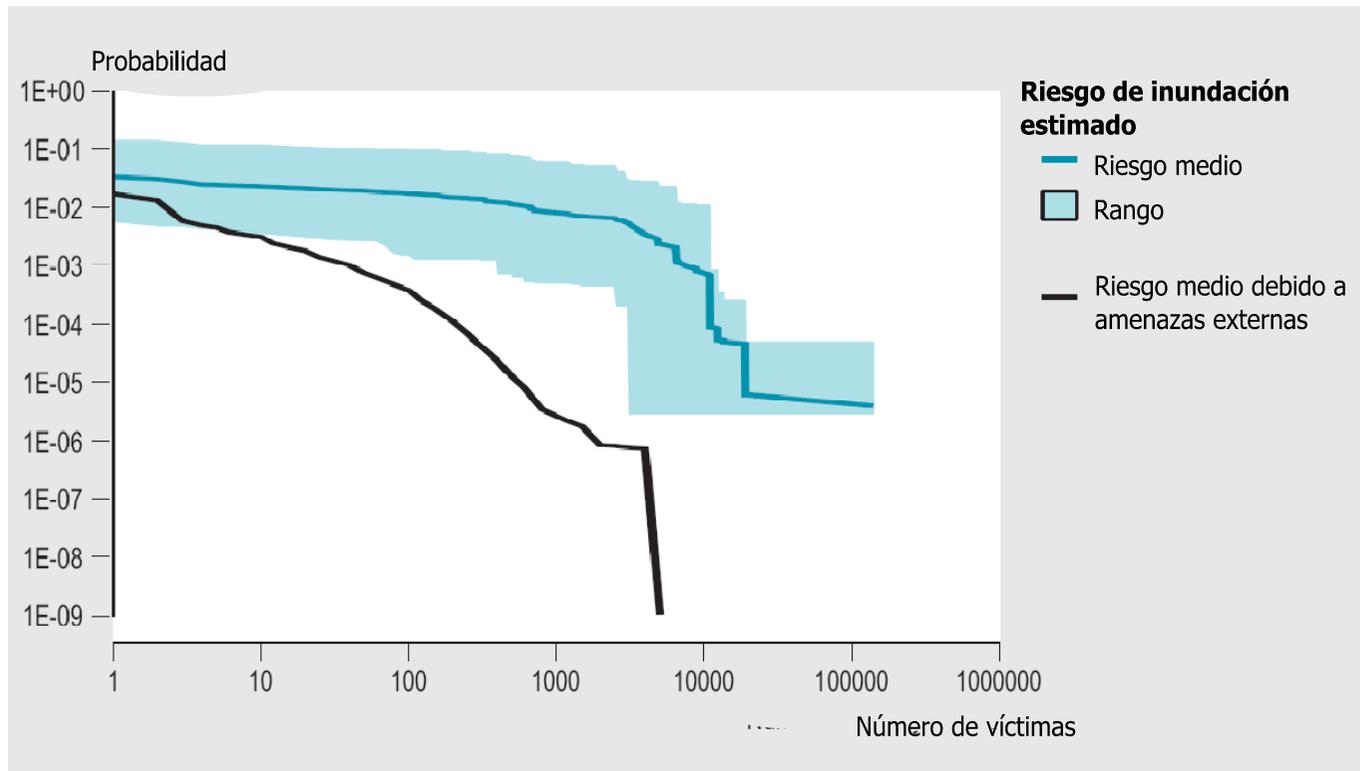
**HERRAMIENTAS**



*Mapas de inundación para diferentes períodos de retorno en Zaragoza (MMA, 2010).*

Análisis y evaluación de riesgos de inundación  
Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

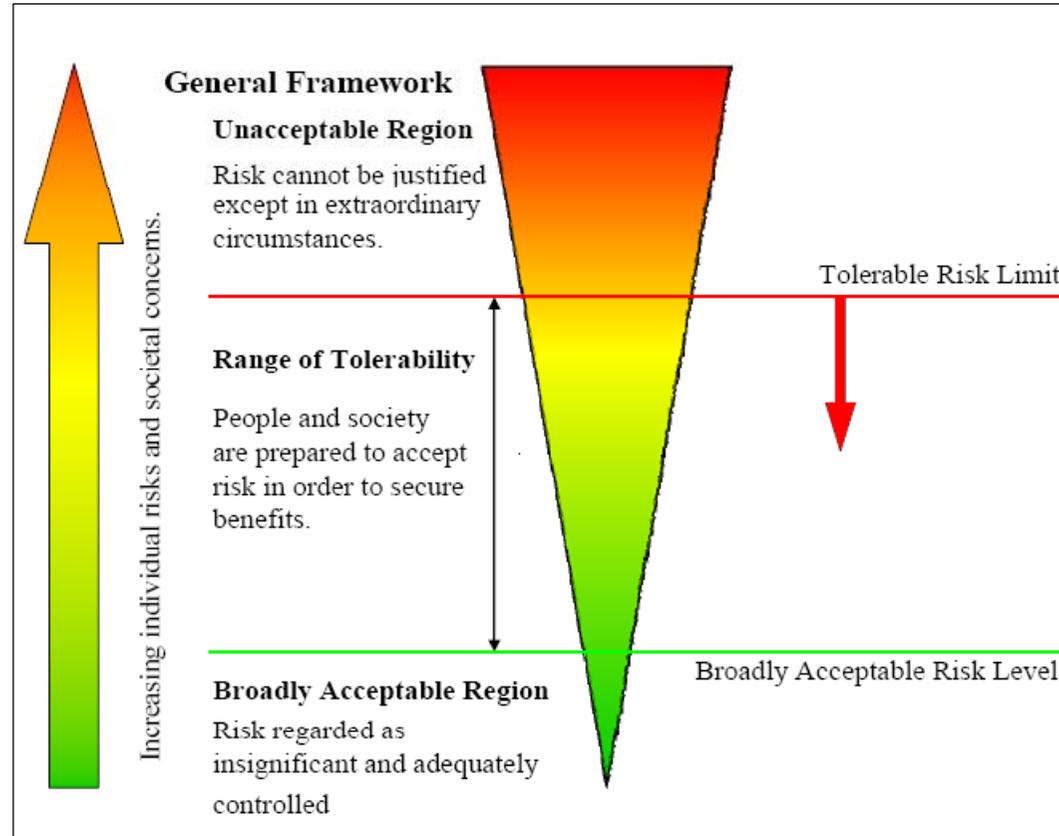
**HERRAMIENTAS**



*Curva F-N del riesgo de inundación en Holanda comparada con el riesgo de otras amenazas externas (NEAA, 2004).*

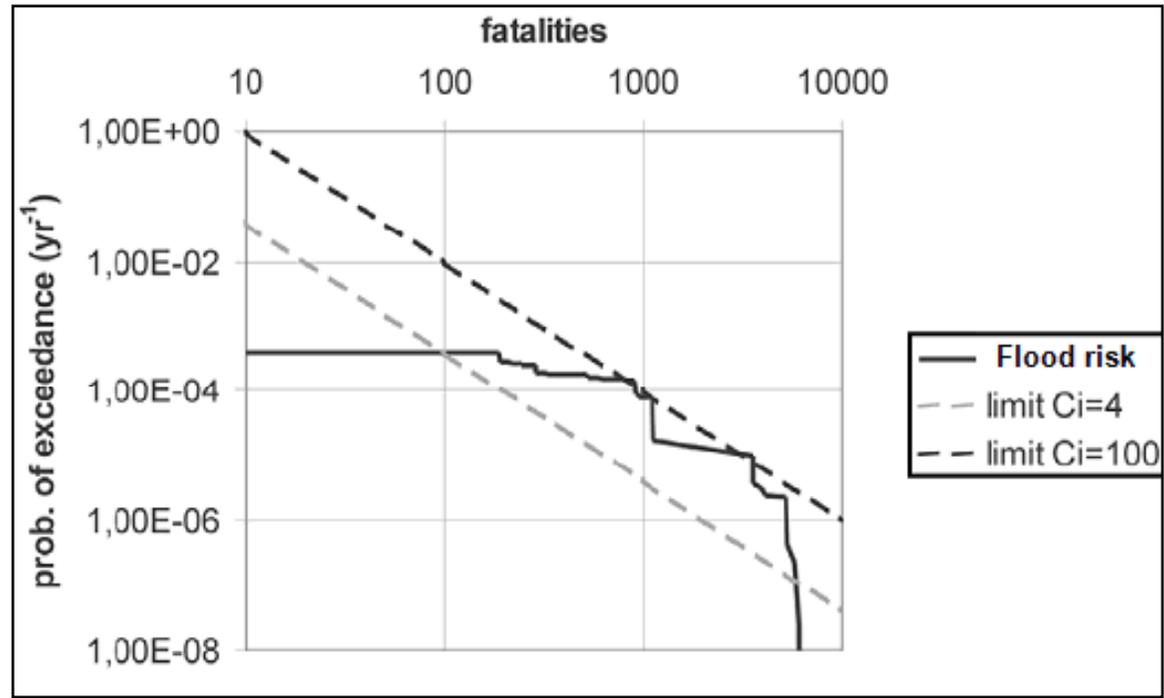
1. INTRODUCCIÓN
2. HERRAMIENTAS PARA ESTIMAR EL RIESGO DE INUNDACIÓN
- 3. CRITERIOS DE TOLERABILIDAD**
4. METODOLOGÍA SUFRI DE ESTIMACIÓN DE RIESGO DE INUNDACIÓN
5. CASO PRÁCTICO DE APLICACIÓN
6. CONCLUSIONES Y RETOS

**CRITERIOS DE TOLERABILIDAD**



Representación conceptual de los rangos de tolerabilidad de riesgos (HSE, 2001).

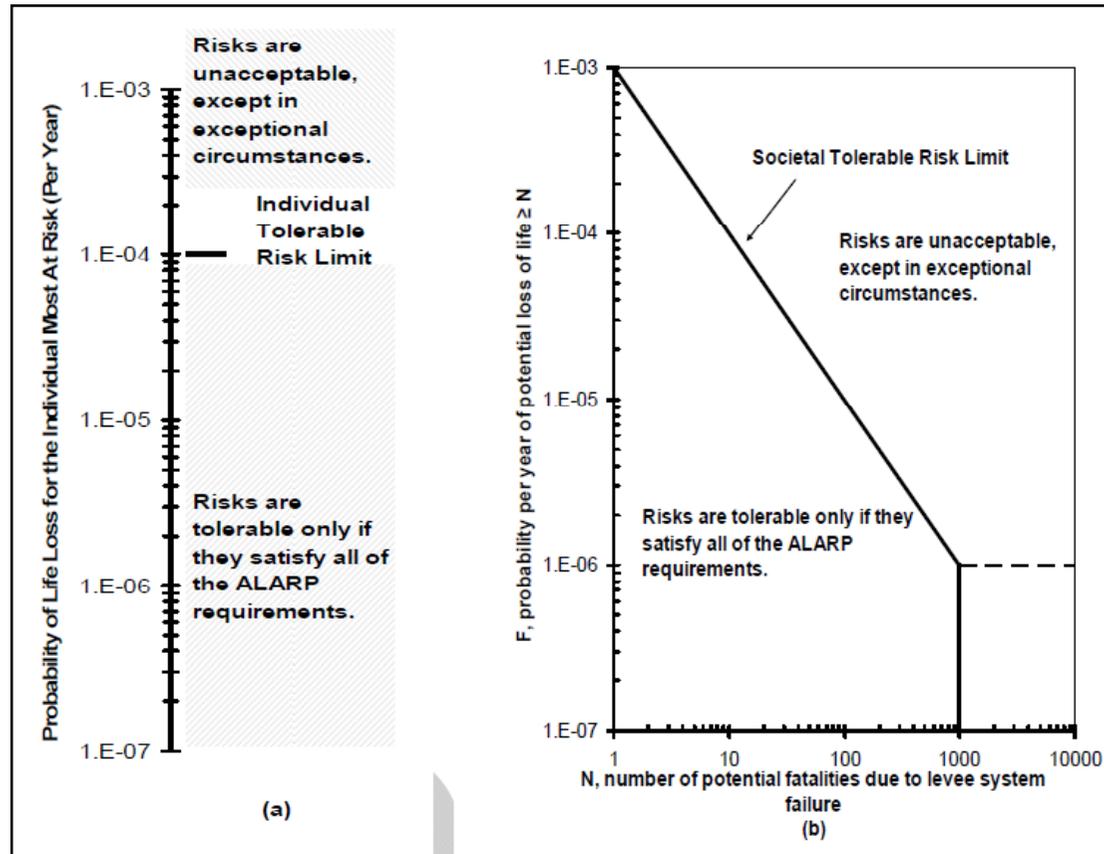
**CRITERIOS DE TOLERABILIDAD**



*Ejemplo de aplicación de distintos criterios de tolerabilidad en South Holland sobre curvas F-N (Jonkman, 2007).*

Análisis y evaluación de riesgos de inundación  
Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

**CRITERIOS DE TOLERABILIDAD**



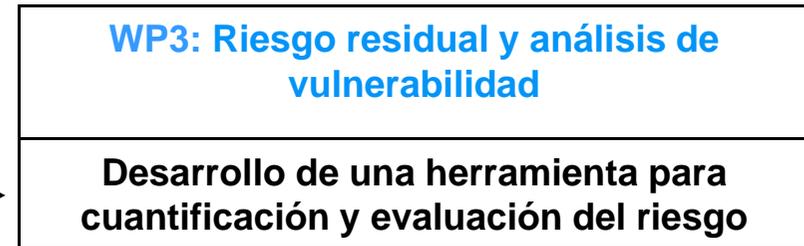
Crterios de tolerabilidad propuestos para diques (USACE, 2010).

1. INTRODUCCIÓN
2. HERRAMIENTAS PARA ESTIMAR DEL RIESGO DE INUNDACIÓN
3. CRITERIOS DE TOLERABILIDAD
- 4. METODOLOGÍA SUFRI DE ESTIMACIÓN DE RIESGO DE INUNDACIÓN**
5. CASO PRÁCTICO DE APLICACIÓN
6. CONCLUSIONES Y RETOS

**METODOLOGÍA SUFRI**

**Proyecto SUFRI**

<b>WP1</b>	<b>Coordinación y gestión del proyecto</b>
<b>WP2</b>	<b>Sistemas avanzados de alerta en pequeñas cuencas</b>
<b>WP3</b>	<b>Riesgo residual y análisis de vulnerabilidad</b>
<b>WP4</b>	<b>Comunicación</b>
<b>WP5</b>	<b>Optimización de la gestión en control de desastres</b>
<b>WP6</b>	<b>Uso y comparación a nivel internacional de la gestión en control de desastres</b>

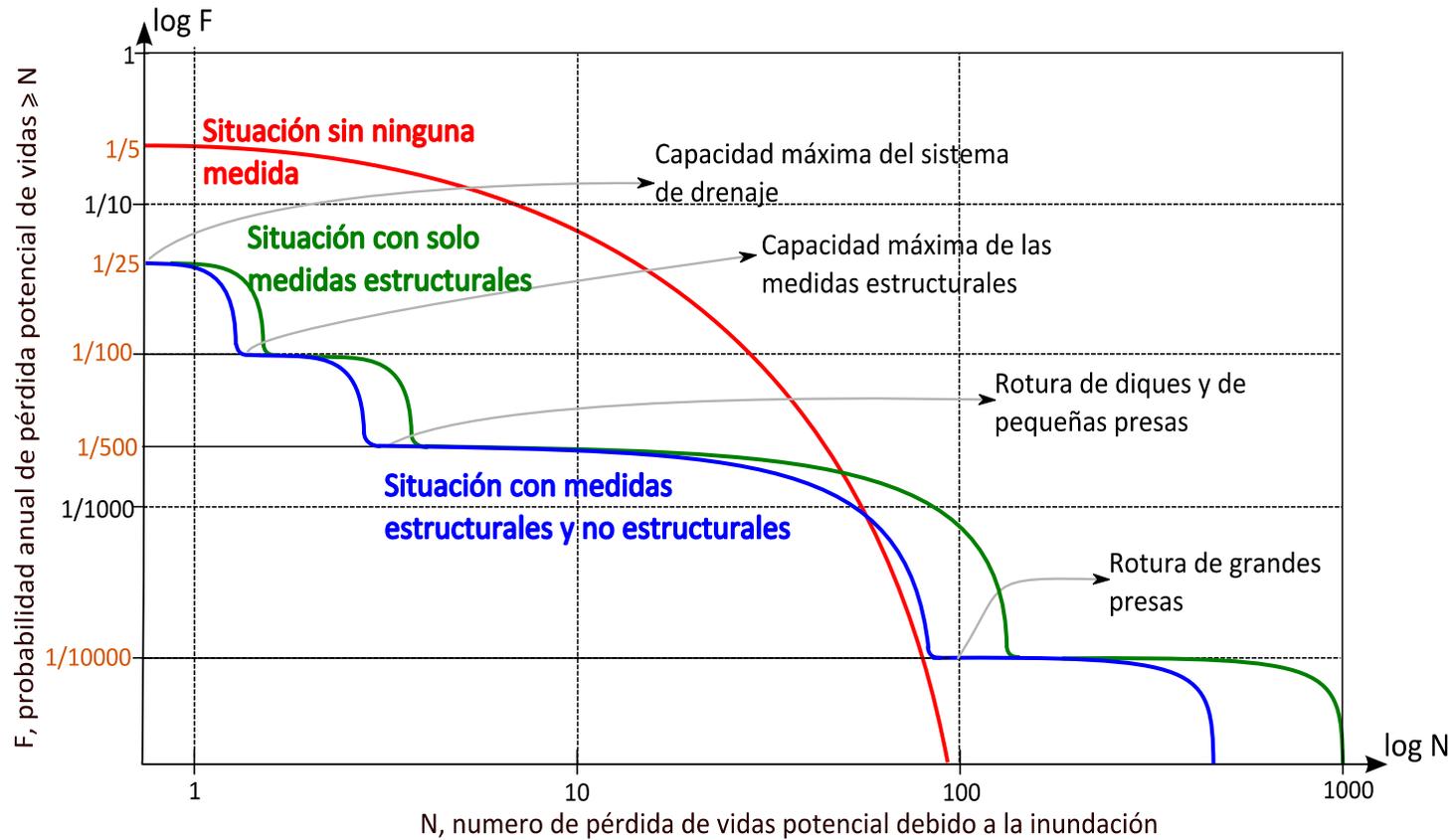


**Metodología SUFRI**

# Análisis y evaluación de riesgos de inundación

## Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

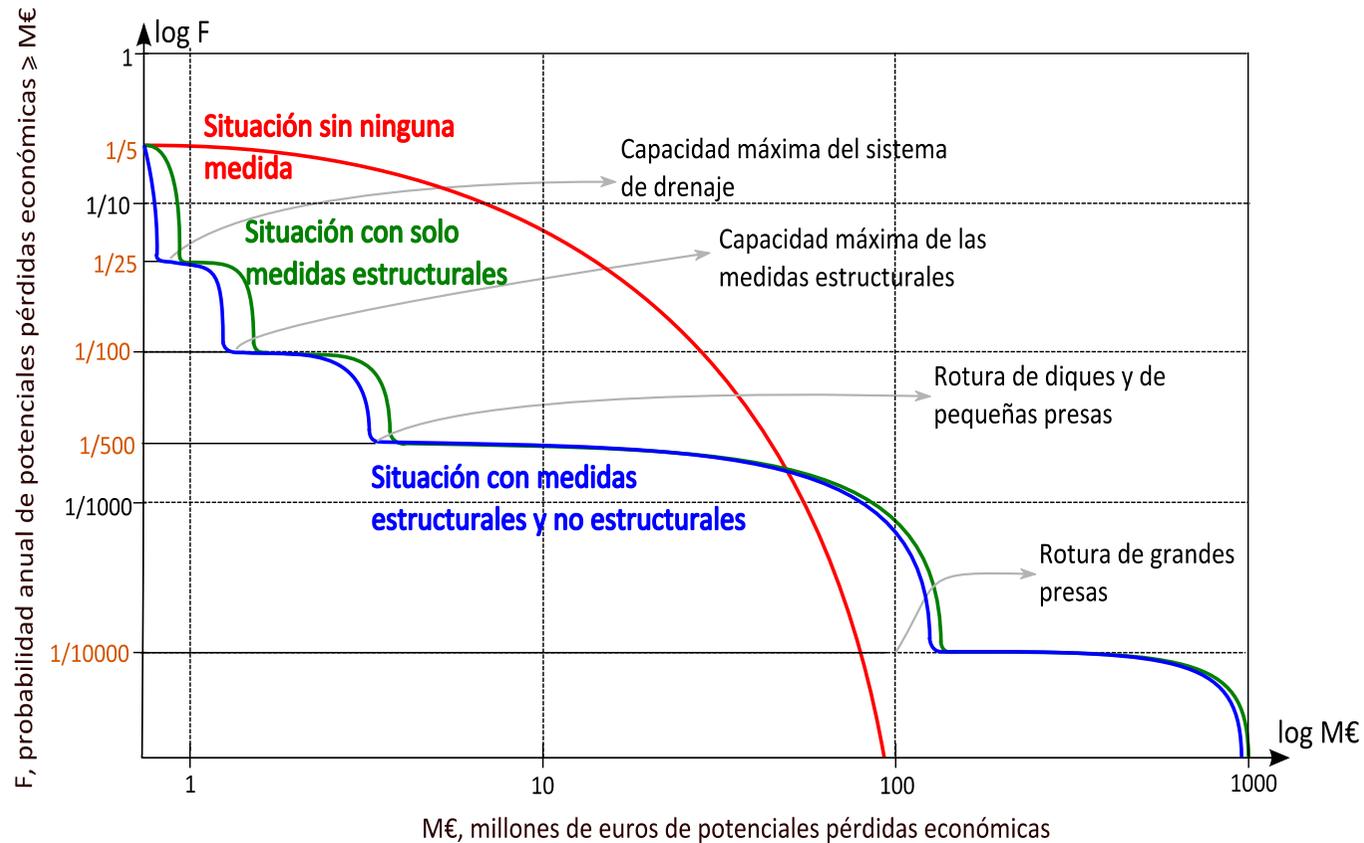
### METODOLOGÍA SUFRI



# Análisis y evaluación de riesgos de inundación

## Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

### METODOLOGÍA SUFRI



## **METODOLOGÍA SUFRI**

### **Proyecto SUFRI - WP3**

### **Metodología SUFRI**

La descripción de la metodología se divide en cinco apartados:

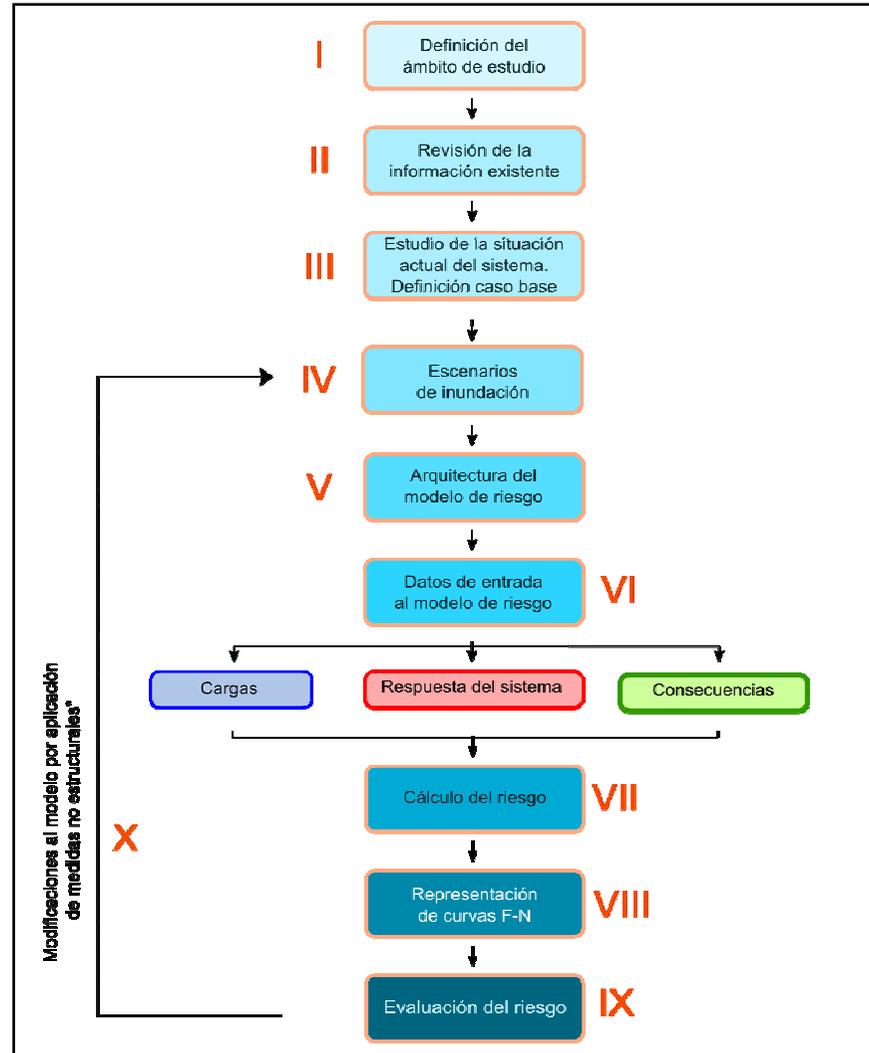
1. Curvas F-N y F-€ para la evaluación del riesgo de inundación en zonas urbanas
2. Fases de la metodología
3. Inundación fluvial
4. Inundación pluvial
5. Incorporación de medidas no estructurales

# Análisis y evaluación de riesgos de inundación

## Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

### METODOLOGÍA SUFRI

Fases



**METODOLOGÍA SUFRI**

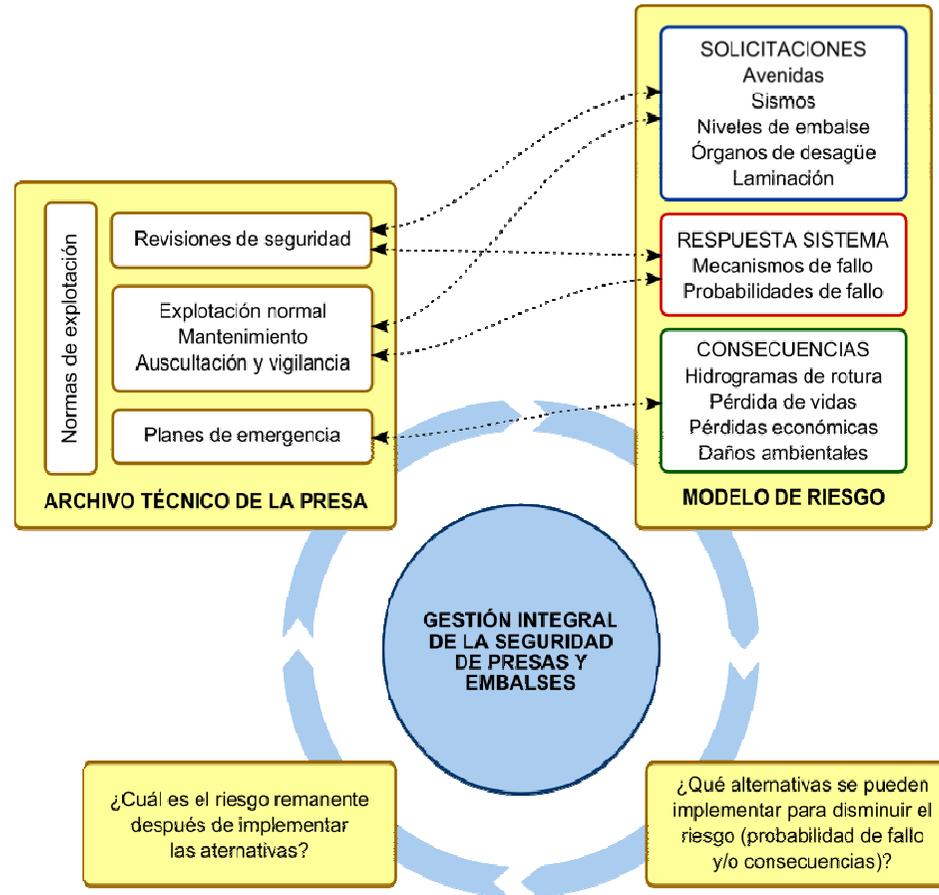
Apéndices

- Apéndice 1. Diagrama A.1A. Inundación fluvial
- Apéndice 2. Diagrama A.2A. Inundación pluvial
- Apéndice 3. Criterios de vulnerabilidad en inundación pluvial
- Apéndice 4. Estimación de tasas de mortalidad en inundación pluvial
- Apéndice 5. Curvas calado-daños
- Apéndice 6. Plantillas de cálculo
- Apéndice 7. Esquemas para el modelo de riesgo
- Apéndice 8. Criterios de tolerabilidad
- Apéndice 9. Caso práctico

# Análisis y evaluación de riesgos de inundación

## Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

### METODOLOGÍA SUFRI



# Análisis y evaluación de riesgos de inundación

## Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

### METODOLOGÍA SUFRI

**SOLICITACIONES**

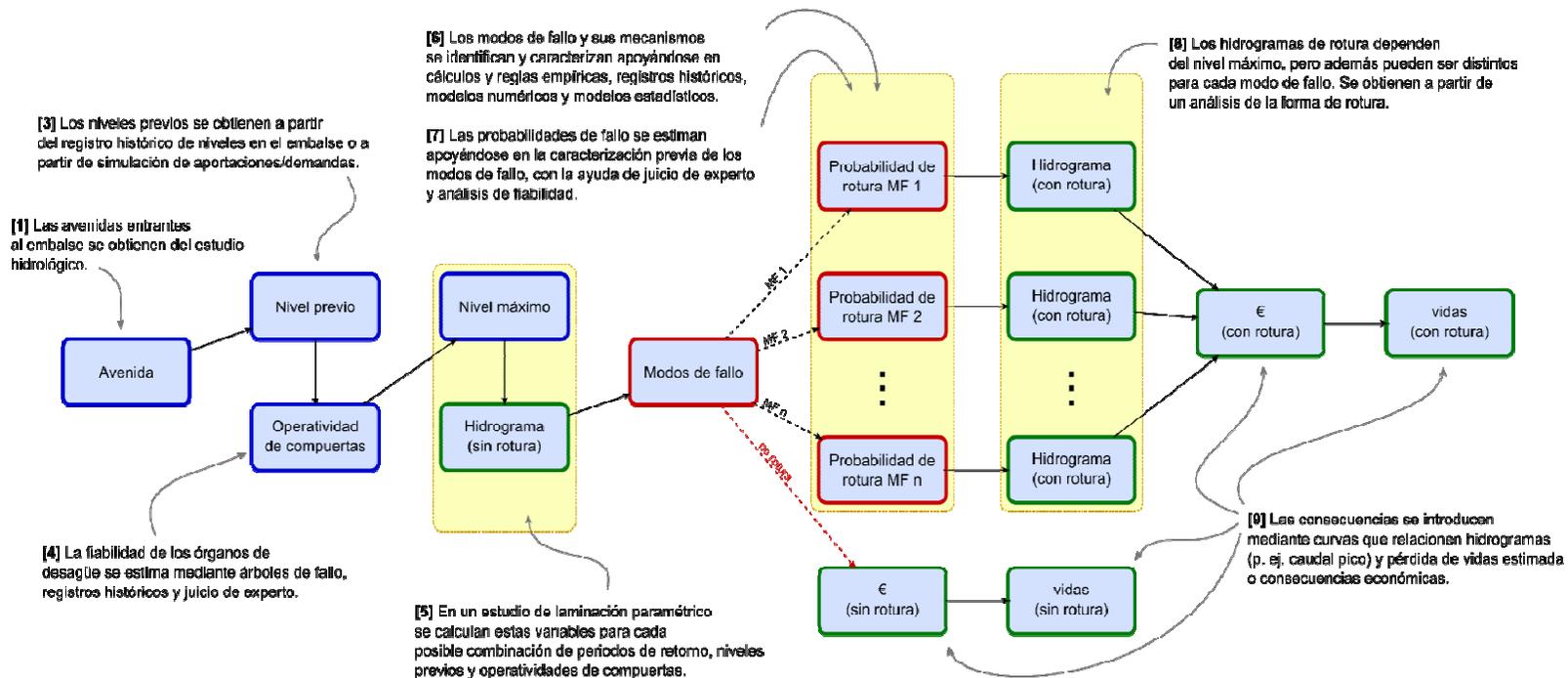
- [1] Estudio hidrológico
- [2] Estudio sísmico
- [3] Estudio de niveles de embalse
- [4] Estudio de fiabilidad de compuertas
- [5] Estudio de laminación

**RESPUESTA DEL SISTEMA**

- [6] Estudio de los mecanismos de fallo
- [7] Estudio de las probabilidades de fallo

**CONSECUENCIAS**

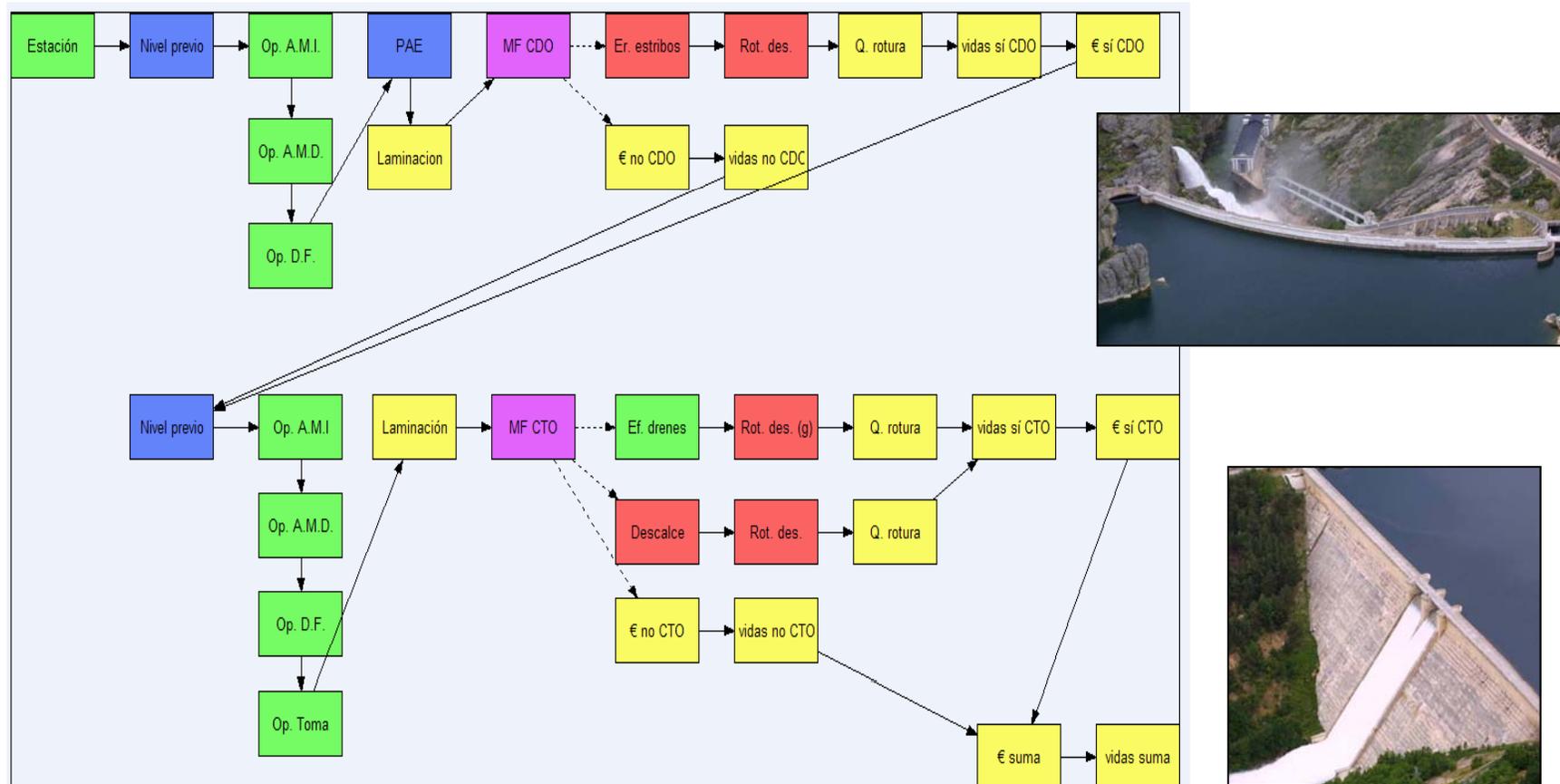
- [8] Estudio hidrogramas de rotura
- [9] Estudio de consecuencias



# Análisis y evaluación de riesgos de inundación

## Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

### METODOLOGÍA SUFRI

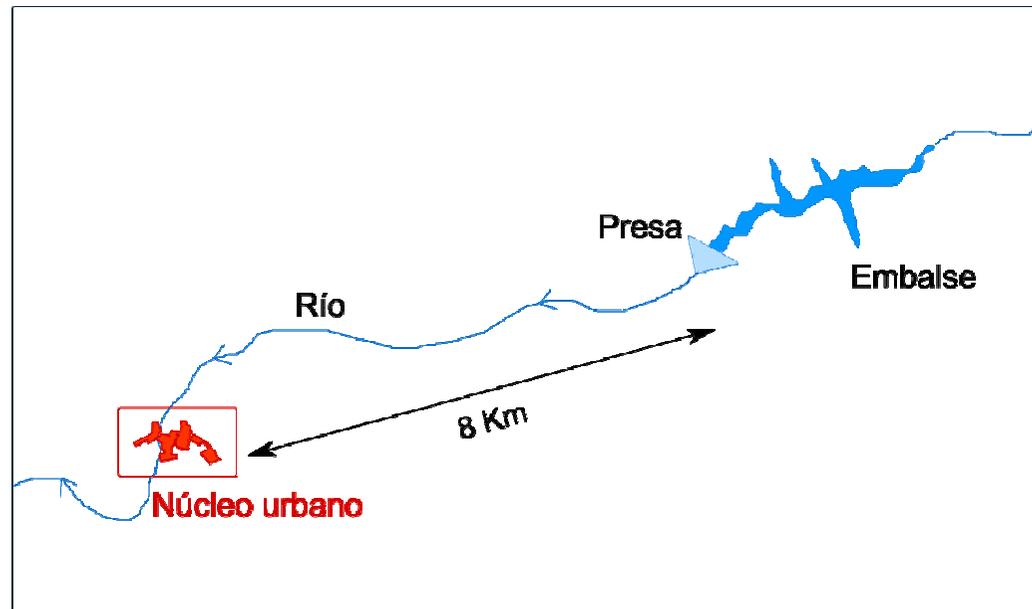


1. INTRODUCCIÓN
2. HERRAMIENTAS PARA ESTIMAR EL RIESGO DE INUNDACIÓN
3. CRITERIOS DE TOLERABILIDAD
4. METODOLOGÍA SUFRI DE ESTIMACIÓN DE RIESGO DE INUNDACIÓN
- 5. CASO PRÁCTICO DE APLICACIÓN**
6. CONCLUSIONES Y RETOS

## CASO PRÁCTICO

### Introducción

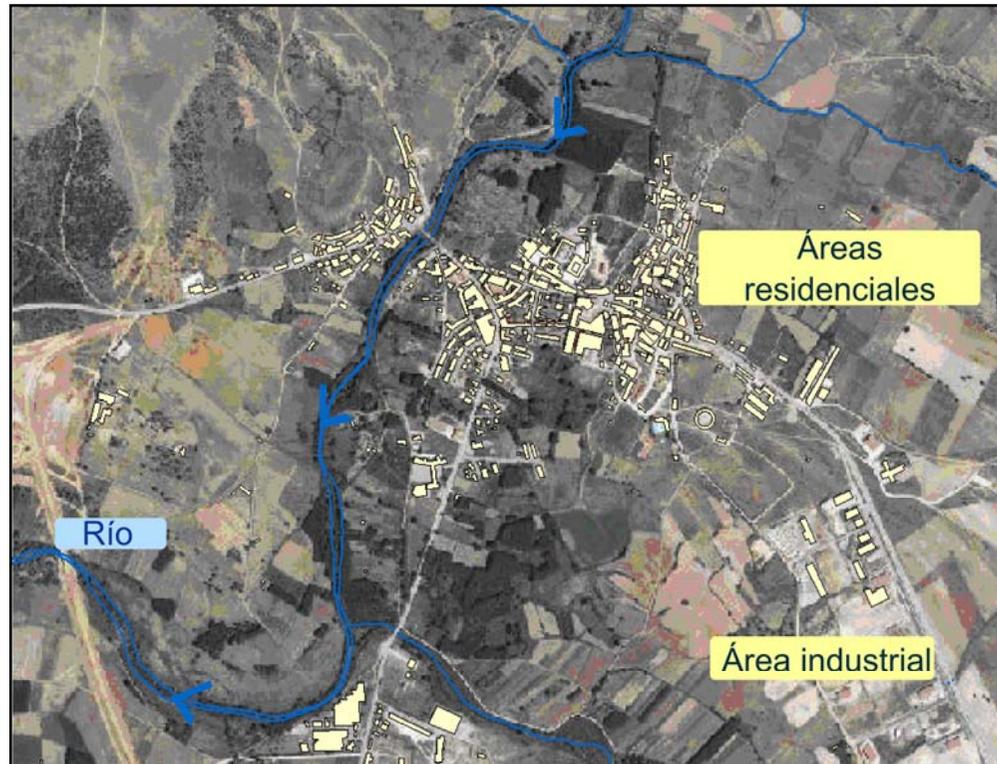
- Presa situada aguas arriba del núcleo urbano (8 Km)
- Cauce atraviesa el núcleo urbano.



## CASO PRÁCTICO

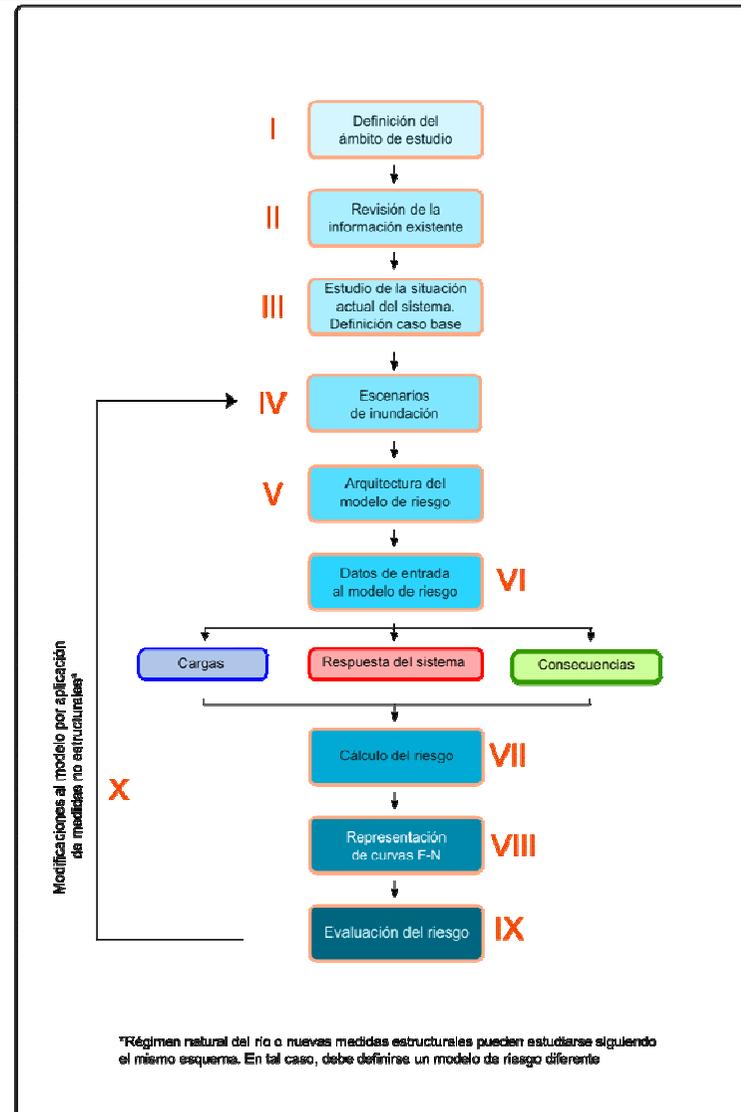
### Introducción

-Área de estudio: zonas residenciales y zona industrial, situada al sur.



CASO PRÁCTICO

ESQUEMA GENERAL  
METODOLOGÍA



## CASO PRÁCTICO

### Escenarios de estudio en el caso práctico:

#### E1. Inundación fluvial

E1a. Situación actual. Caso-base.

E1b. Medidas no estructurales. Caso PFR.

E1c. Régimen natural del río. Caso RN.

#### E2. Inundación pluvial

E2a. Situación actual. Caso-base.

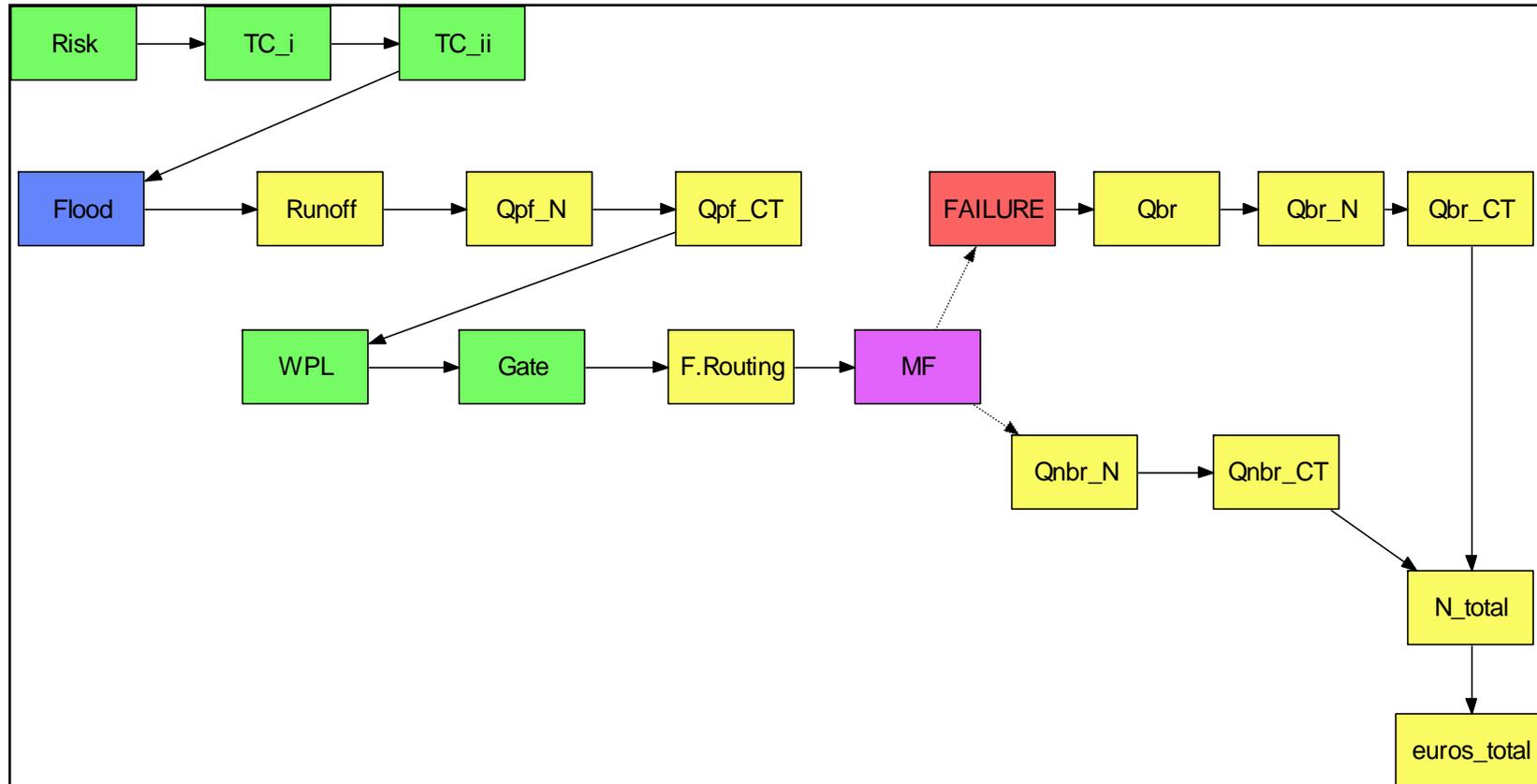
E2b. Medidas no estructurales. Caso PFR+WR.

E2c. Situación sin sistema de drenaje. Caso NDS.

#### E3. Modelo conjunto

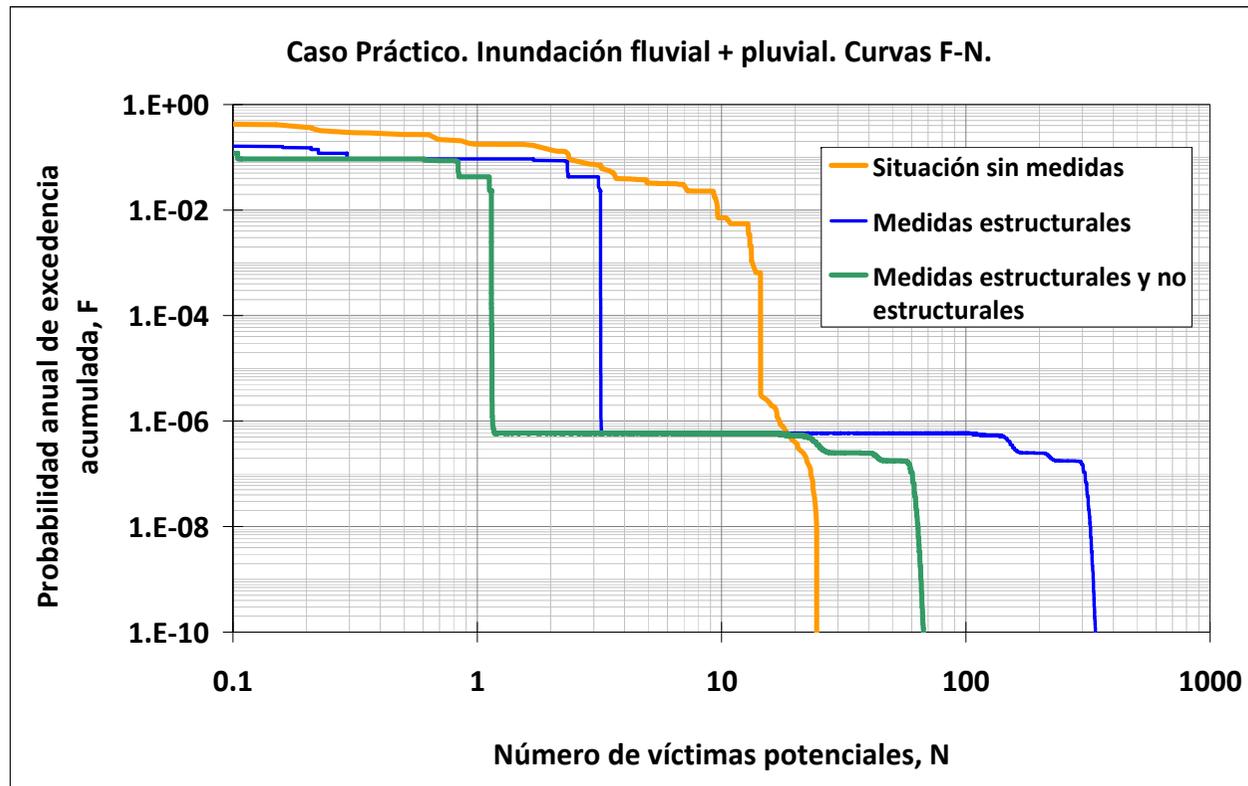
**CASO PRÁCTICO**

**Esquema del modelo conjunto**



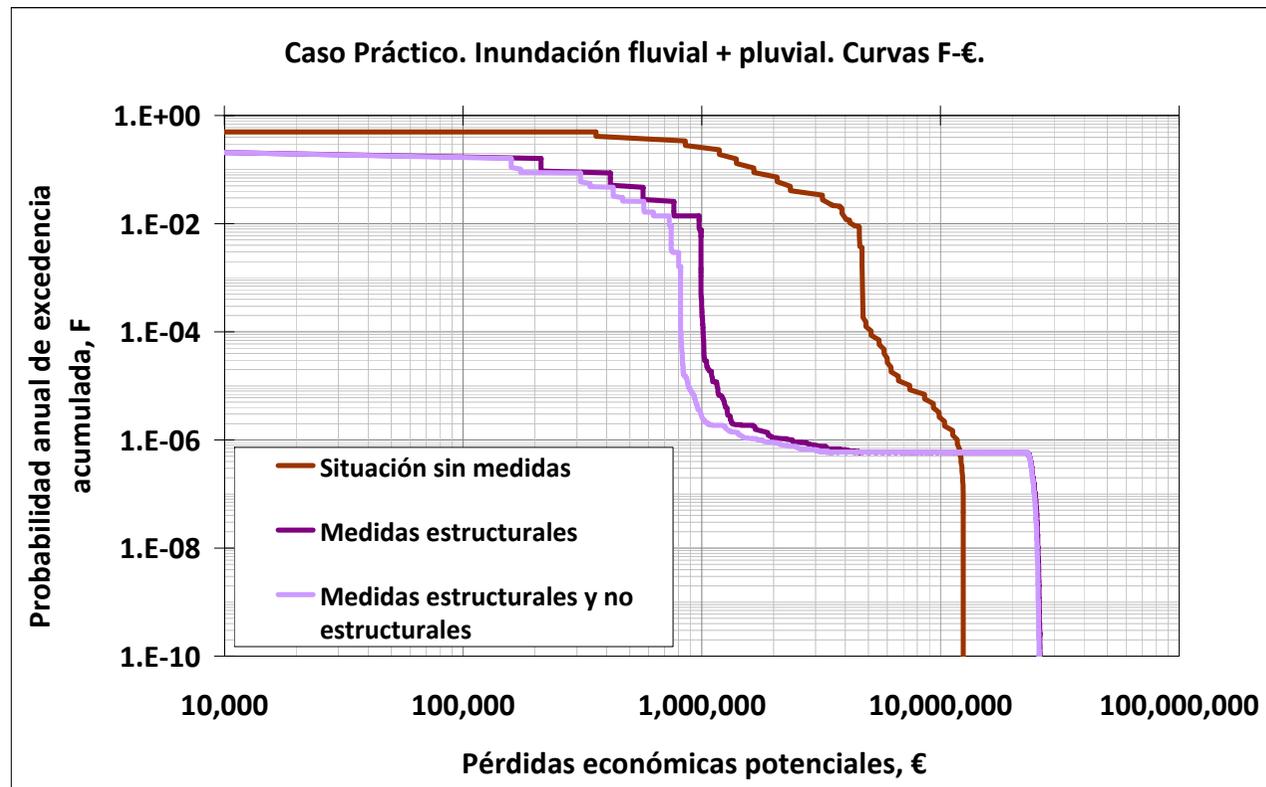
**CASO PRÁCTICO**

**Representación de curvas F-N y F-€ para el caso práctico:  
inundación fluvial + pluvial**



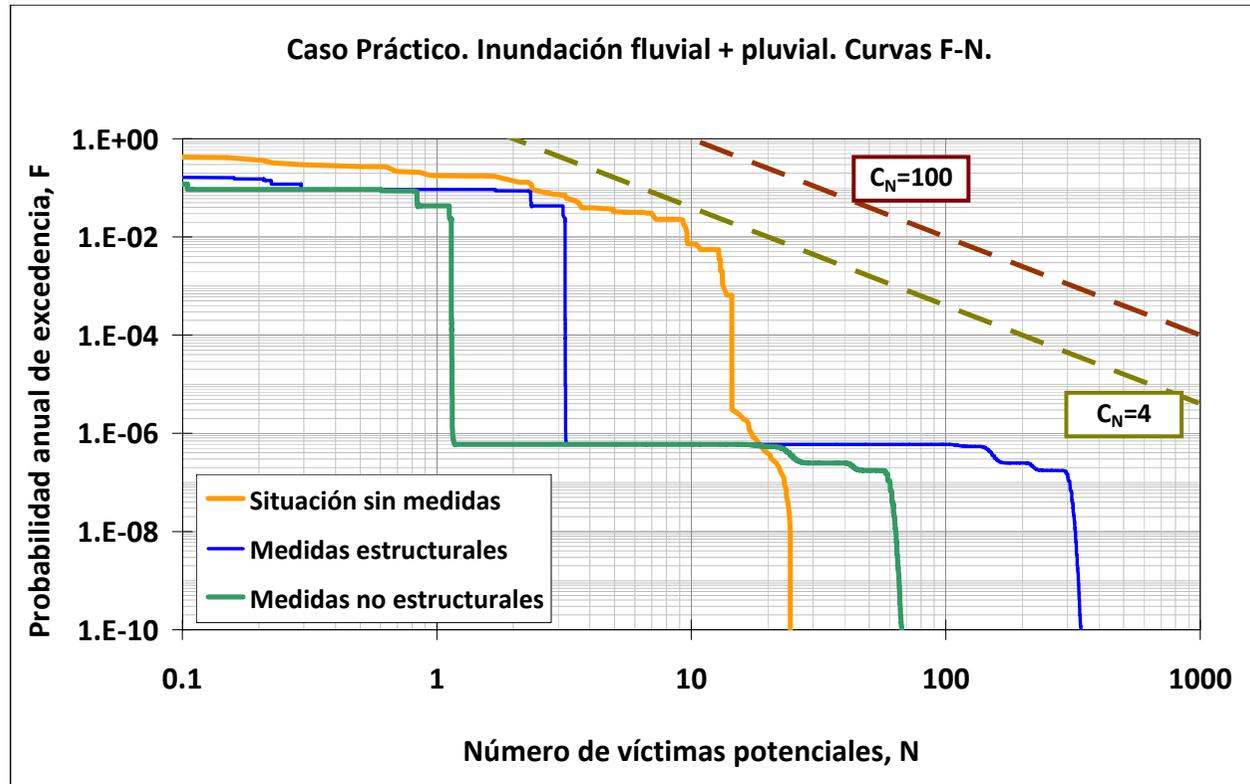
**CASO PRÁCTICO**

**Representación de curvas F-N y F-€ para el caso práctico:  
inundación fluvial + pluvial**



**CASO PRÁCTICO**

**Evaluación del riesgo**



1. INTRODUCCIÓN
2. HERRAMIENTAS PARA ESTIMAR EL RIESGO DE INUNDACIÓN
3. CRITERIOS DE TOLERABILIDAD
4. METODOLOGÍA SUFRI DE ESTIMACIÓN DE RIESGO DE INUNDACIÓN
5. CASO PRÁCTICO DE APLICACIÓN
- 6. CONCLUSIONES Y RETOS**

## CONCLUSIONES

Los retos principales son:

1. Adoptar procedimientos claros para el análisis de riesgos y la posterior toma de decisiones.
2. Incorporar a distintos actores en el proceso (protección civil, otros titulares, administraciones, etc.)
3. Identificar las mejores y más justificadas medidas de mitigación de riesgo.
4. Mantener este proceso como un proceso vivo y continuado en el tiempo, reforzando las tareas de comunicación

## CONCLUSIONES

Como conclusión general, a la luz de los retos identificados en el proceso, se produce un cambio significativo del rol de los propietarios de presas en general y de los Titulares de Presas en particular

Cambio de rol que requiere de un importante esfuerzo de comunicación interna (el Titular), externa (otros titulares y actores involucrados) y de cara a la población (tanto a la potencialmente afectada aguas abajo como, en un sentido más genérico, a toda una comunidad, región, o país)

Análisis y evaluación de riesgos de inundación  
Estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales

---

**Graz (Austria)  
2005**



**MUCHAS GRACIAS**



**Dresde (Alemania)  
2002**