

# Memoria del proyecto para optar al Título de Ingeniero Civil Oceánico

“Propuesta Metodológica: Análisis de Riesgo en el Terminal 2 de Puerto de Valparaíso ante el escenario de 1730, para la elaboración de estrategias de continuidad”

# Contenido

1. Introducción y Motivación

2. Objetivo General

3. Caso de Estudio

4. Metodología

5. Resultados

6. Conclusiones



1. Introducción y Motivación
2. Objetivos Generales
3. Objetivos Específicos
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusiones

¿Qué es el riesgo y cómo evaluamos el riesgo?



# ¿Qué es el riesgo?

1. **Introducción  
y Motivación**

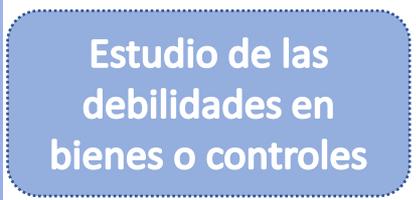
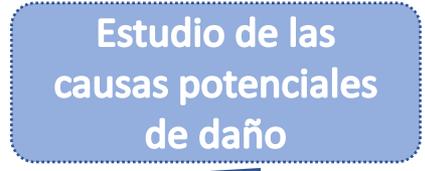
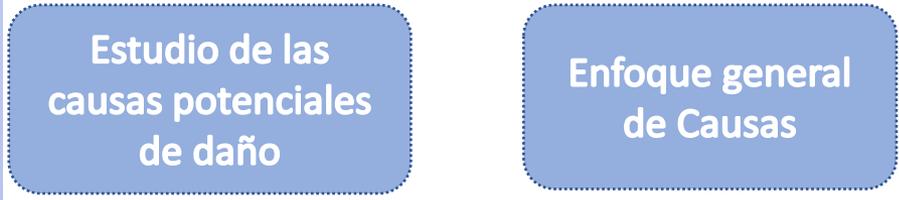
2. **Objetivo  
General**

3. **Caso de  
Estudio**

4. **Metodología**

5. **Resultados**

6. **Conclusiones**



# ¿Cómo evaluamos o calculamos el riesgo?

1. Introducción  
y Motivación

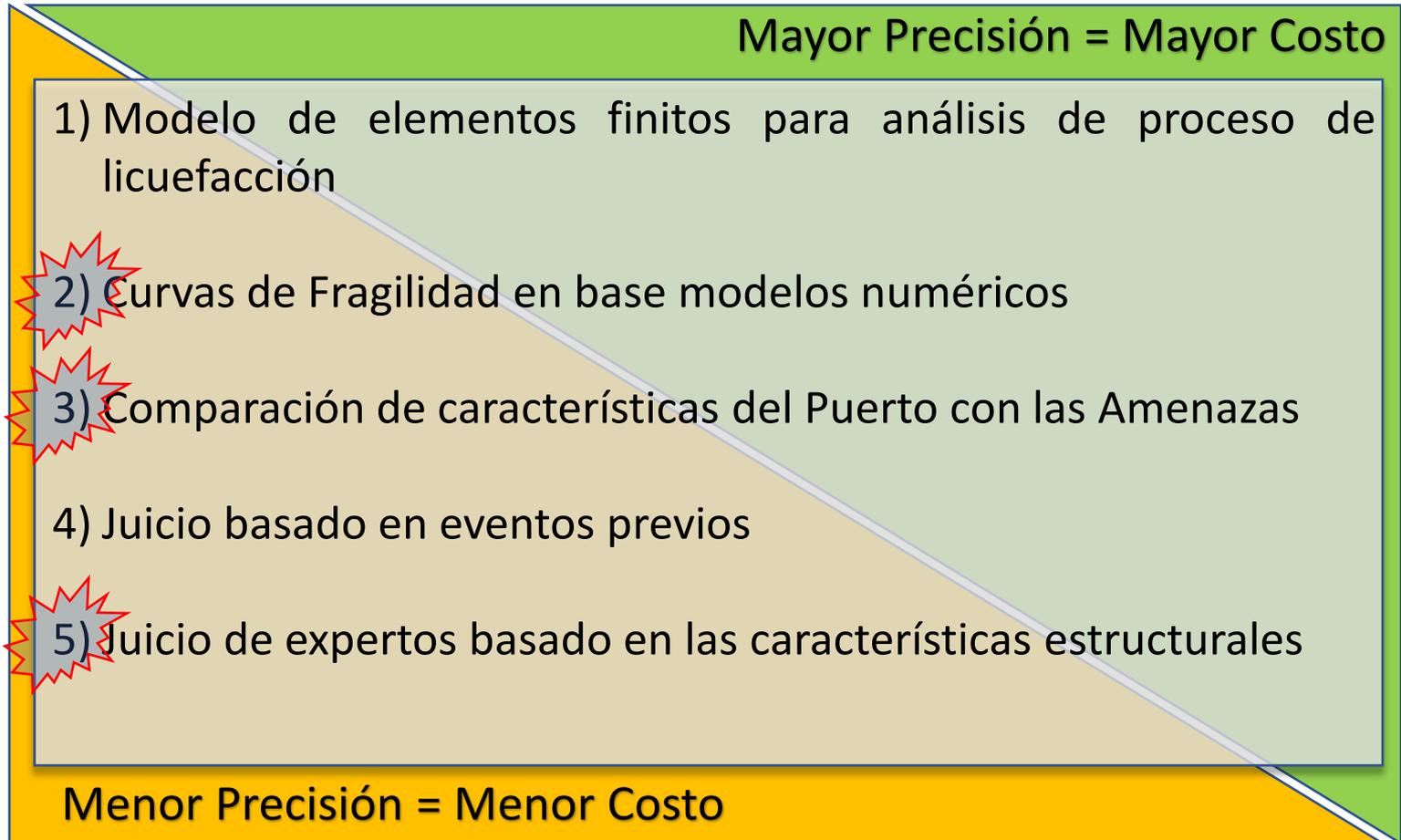
2. Objetivo  
General

3. Caso de  
Estudio

4. Metodología

5. Resultados

6. Conclusiones



# Objetivo General y Específicos

Proponer una metodología para análisis de riesgo en el terminal 2 de Puerto de Valparaíso, cuantificando la probabilidad de daño con curvas de fragilidad, ante los escenarios disruptivos: Sismo y Tsunami

1. Introducción y Motivación

2. **Objetivo General**

- Definir escenarios de terremoto y tsunami con mayor probabilidad de ocurrencia en la bahía de Valparaíso.

3. Caso de Estudio

- Aplicar una metodología cualitativa que permita la elaboración de curvas de fragilidad de diferentes recursos e instalaciones portuarias.

4. Metodología

- Identificar, analizar y evaluar el riesgo, asociados a los escenarios disruptivos, de las principales estructuras y recursos del Terminal 2 del Puerto de Valparaíso.

5. Resultados

- Analizar los resultados de la metodología, encontrar falencias y proponer alternativas de mejora para futuros estudios en la región.

6. Conclusiones



# Alcances

Espigón  
Situación actual  
de servicio

Escenarios  
independientes

# Limitaciones

Selección de  
instalaciones de  
mayor  
importancia

No se cuenta con  
análisis BIA

1. Introducción  
y Motivación

2. **Objetivo  
General**

3. Caso de  
Estudio

4. Metodología

5. Resultados

6. Conclusiones



# Caso de Estudio – Instalaciones y Recursos de TCVAL

1. Introducción y Motivación

2. Objetivos General

3. Casos Específicos

4. Metodología

5. Resultados

6. Conclusiones



# Caso de Estudio – Amenaza

1. Introducción  
y Motivación

2. Objetivo  
General

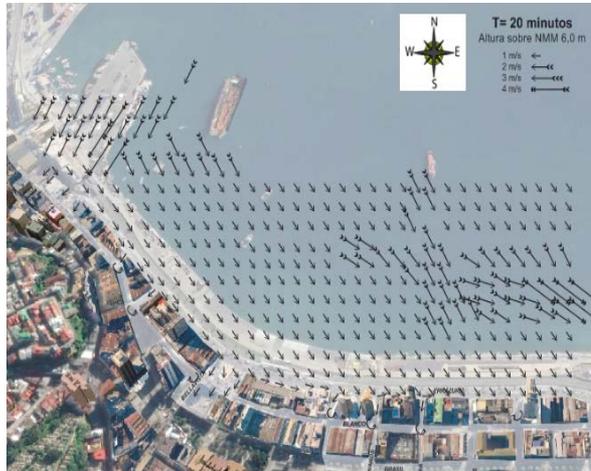
3. Caso de  
Estudio

4. Metodología

5. Resultados

6. Conclusiones

## - Escenario de Valparaíso , 1730



✓ Tsunami 6 mNRS



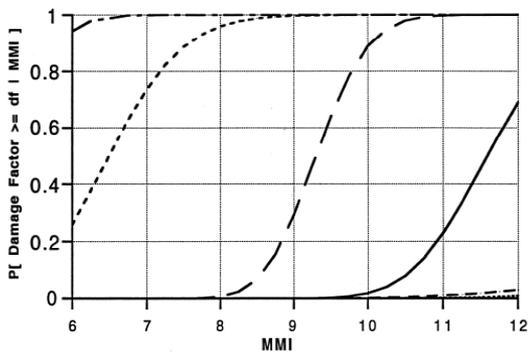
✓ Sismo 8.8° ≈ 10 – 11 MMI

# Elaboración de Curvas de Fragilidad – Caso Sísmico (Anagnos, 1995)

Central Damage Factor	Modified Mercalli Intensity						
	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0.00	3.7	###	###	###	###	###	###
0.50	68.5	26.8	1.6	###	###	###	###
5.00	27.8	73.2	94.9	62.4	11.5	1.8	###
20.00	###	###	3.5	37.6	76.0	75.1	24.8
45.00	###	###	###	###	12.5	23.1	73.5
80.00	###	###	###	###	###	###	1.7
100.00	###	###	###	###	###	###	###

“Earthquake Damage Evaluation Data for California”  
 Antecedentes de daños por sismos en USA y el mundo  
 Caracterización del sismo (MMI)  
 Evaluación del comportamiento y el daño, sometido a opinión de expertos (Método Delphi)

$$[damage\ factor \geq df | MMI] = \int_0^{MMI} \frac{1}{MMI * \sigma_x * \sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{1}{2}(\frac{\ln(MMI) - m_x}{\sigma_x})^2} dMMI$$



Facility Description	Facility Number
A. BUILDINGS	
a. Low Rise	
b. Medium Rise	10
c. High Rise	11
• Reinforced Masonry Shear Wall (with Moment-Resisting Frame)	
a. Low Rise	84
b. Medium Rise	85
c. High Rise	86
• Braced Steel Frame	
a. Low Rise	
b. Medium Rise	
c. High Rise	
D. DAMS	
• Concrete	35
• Earthfill and Rockfill	36
E. BRIDGES	
a. Highway	37
b. Railroad	38
c. Trestle	39
d. Viaduct	40
e. Overpass	41
f. Underpass	42
g. Tunnel	43
h. Arch	44
i. Suspension	45
j. Cable-stayed	46
k. Other	47
l. Other	48
m. Other	49
L. CRANES	53
J. CONVEYOR SYSTEMS	54
K. TOWERS (CONTINUED)	
• Broadcast	57
• Observation	58
• Offshore	59
L. OTHER STRUCTURES	
• Canals	61
• Earth Retaining Structures (over 20' high)	62
• Waterfront Structures	63
M. EQUIPMENT	
• Residential	64
• Office (furniture, computers, etc.)	65
• Electrical	66
• Mechanical	68
• High Technology & Laboratory	70
• Trains, Trucks, Airplanes, & other Vehicles	90

Major	50-100	80
Destroyed	100	100

Normal



# Elaboración de Curvas de Fragilidad – Caso Tsunami

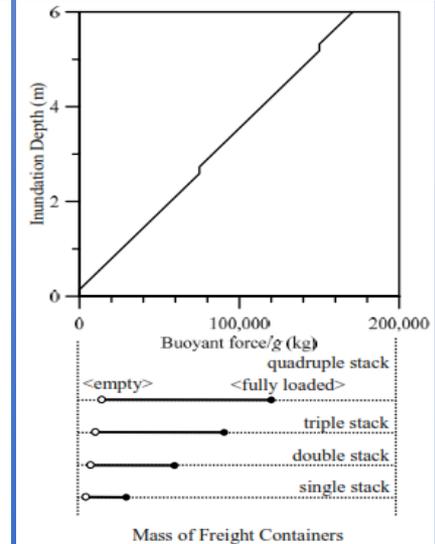
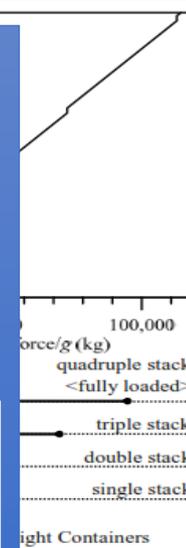
Contenedor 40'  
Pila Individual - Vacía

Damage Level	Profundidad[mNRS]				
	4,2	4,5	5	5,5	6
1	1	0,6	0	0	0
2	0	0,4	0,6	0	0
3	0	0	0,4	0,8	0
4	0	0	0	0,2	1
5	0	0	0	0	0

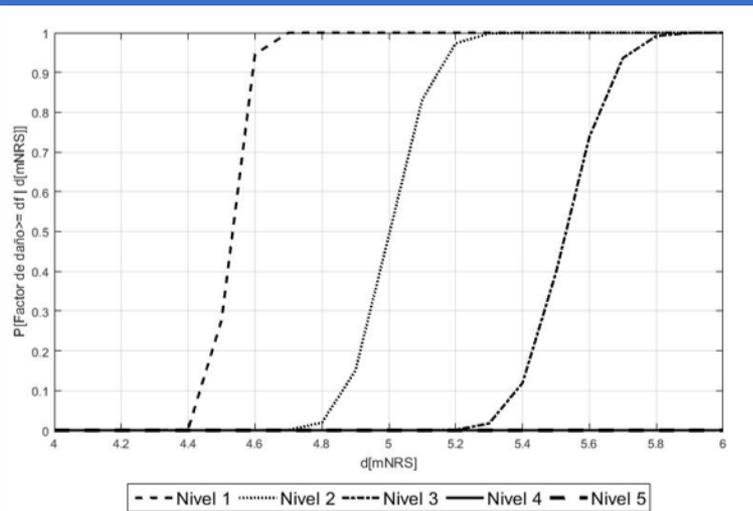
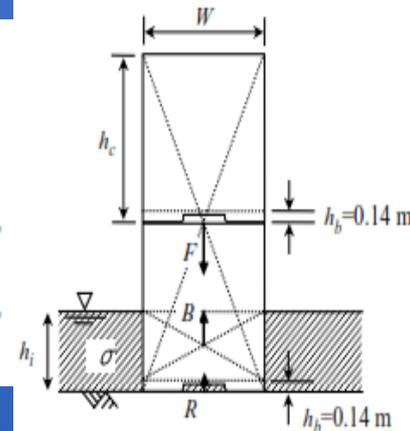
Contenedor 40'  
Pila Individual - Vacía

Damage Level	Profundidad[mNRS]				
	4,2	4,5	5	5,5	6
1	1	0,6	0	0	0
2	0	0,4	0,6	0	0
3	0	0	0,4	0,8	0
4	0	0	0	0,2	1
5	0	0	0	0	0

$$P_D(x) = \Phi \left[ \frac{x - \mu}{\sigma} \right] = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{(2\sigma)^2}} dt$$



- 0 <math> < h\_i \leq h\_b </math>
- $h_b < h_i \leq h_c$
- $h_c < h_i \leq h_c + h_b$
- $h_c + h_b < h_i \leq 2h_c$
- $2h_c < h_i \leq 2h_c + h_b$
- $2h_c + h_b < h_i \leq 3h_c$
- $3h_c < h_i \leq 3h_c + h_b$
- $3h_c + h_b < h_i \leq 4h_c$



4.  
5.  
6.

# Resultados – Caso Sismo

## Clasificación de Instalaciones

1. Introducción y Motivación
2. Objetivo General
3. Caso de Estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusiones

Instalación	Clasificación ATC	Definición	Descripción
Sitios de Atraque	63	Estructuras de frente marino	Estructura masiva de frente marino
Grúa Gottwald	53	Grúas	Elemento/estructura móvil de acero con capacidad de levantar grandes toneladas
Edificio Centro Espigón	4	Muro de hormigón armado con marco momento-resistente de mediana altura	Estructura de hormigón armado con uniones empotradas en sus marcos.
Oficina de Control y Seguridad	4	Muro de hormigón armado con marco momento-resistente de mediana altura	Estructura de hormigón armado con uniones empotradas en sus marcos.
Equipo de oficina	65	Equipo de oficina	Instalación de oficina
Equipo eléctrico	66	Equipo eléctrico	Instalación eléctrica



# Resultados – Caso Sismo

## Matrices de Probabilidad de daño

1. Introducción y Motivación

2. Objetivo General

3. Caso de Estudio

4. Metodología

5. Resultados

6. Conclusiones

Factor Central de Daño	Clasificación ATC = 53 Escala Intensidad de Mercalli Modificada						
	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	39,8	1,7	***	***	***	***	***
0,5	47	43,4	0,5	***	***	***	***
5	13,2	54,9	93,5	42,5	1,6	***	***
20	***	***	6	58,2	71	8,3	0,3
45	***	***	***	0,3	27,4	91	76,6
80	***	***	***	***	***	0,7	23,1
100	***	***	***	***	***	***	**

Factor Central de Daño	Clasificación ATC = 4 Escala Intensidad de Mercalli Modificada						
	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	20,4	***	***	***	***	***	***
0,5	70,3	15,5	***	***	***	***	***
5	9,3	84,5	88,4	28,9	1,4	***	***
20	***	***	11,6	71,1	81,6	38,7	3,8
45	***	***	***	***	17	61,3	88,7
80	***	***	***	***	***	***	7,5
100	***	***	***	***	***	***	***

Factor Central de Daño	Clasificación ATC = 63 Escala Intensidad de Mercalli Modificada						
	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	38,0	4,6	***	***	***	***	***
0,5	61,2	37,8	***	***	***	***	***
5	0,8	57,4	83,6	31,4	1,0	***	***
20	***	0,2	16,4	68,5	73,9	8,0	***
45	***	***	***	0,1	25,1	83,5	13,0
80	***	***	***	***	***	8,5	86,8
100	***	***	***	***	***	***	0,2

Factor Central de Daño	Clasificación ATC = 66 Escala Intensidad de Mercalli Modificada						
	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	39,8	1,7	***	***	***	***	***
0,5	47	43,4	0,5	***	***	***	***
5	13,2	54,9	93,5	42,5	1,6	***	***
20	***	***	6	58,2	71	8,3	0,3
45	***	***	***	0,3	27,4	91	76,6
80	***	***	***	***	***	0,7	23,1
100	***	***	***	***	***	***	***

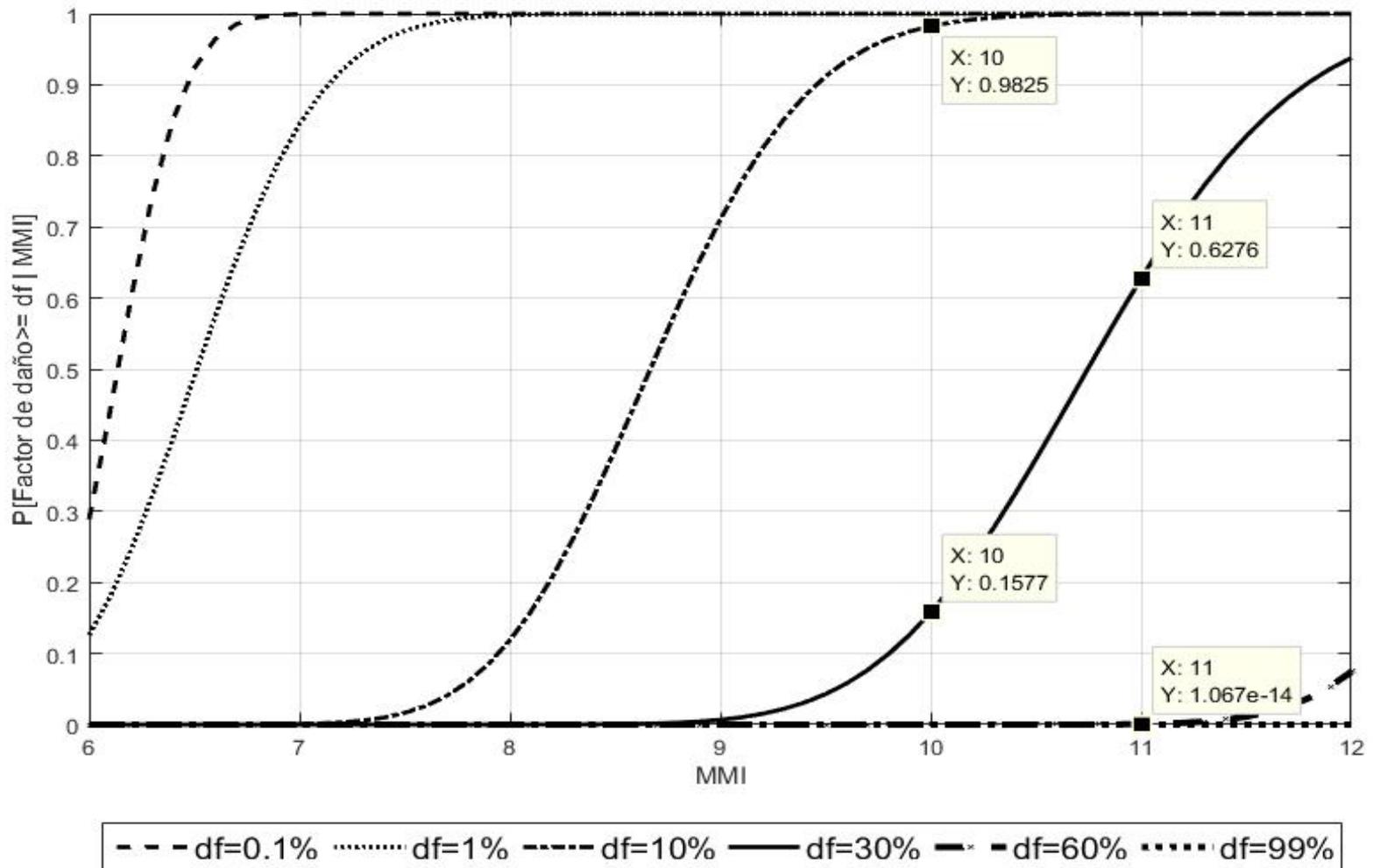
Factor Central de Daño	Clasificación ATC = 65 Escala Intensidad de Mercalli Modificada						
	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	39,8	1,7	***	***	***	***	***
0,5	47	43,4	0,5	***	***	***	***
5	13,2	54,9	93,5	42,5	1,6	***	***
20	***	***	6	58,2	71	8,3	0,3
45	***	***	***	0,3	27,4	91	76,6
80	***	***	***	***	***	0,7	23,1
100	***	***	***	***	***	***	***



# Resultados – Caso Sismo – Curva de Fragilidad

Clasificación ATC = 4 - Muro de hormigón armado con marco momento-resistente de mediana altura

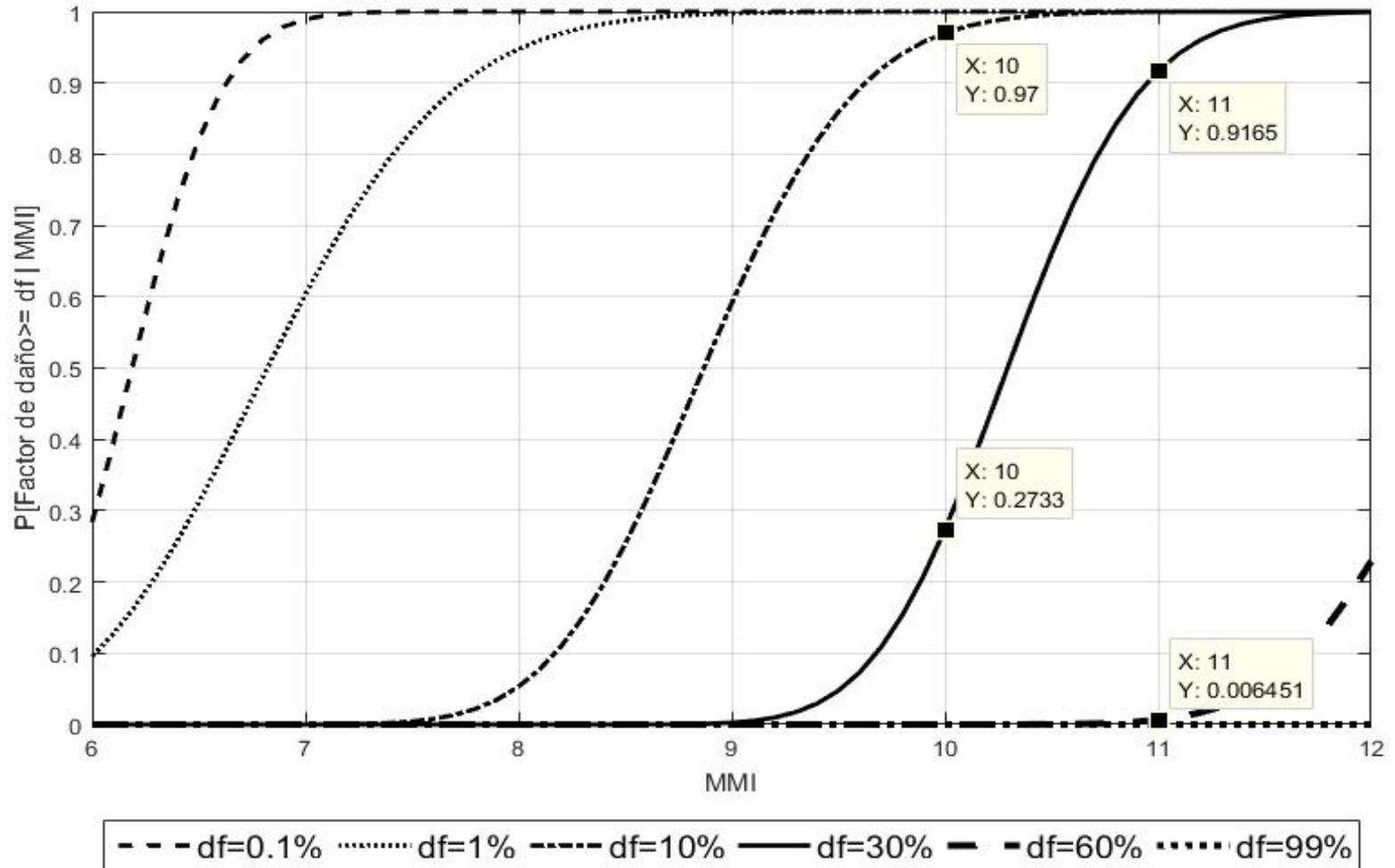
1. Introducción y Motivación
2. Objetivo General
3. Caso de Estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusiones



# Resultados – Caso Sismo – Curva de Fragilidad

Clasificación ATC = 53 - Grúas

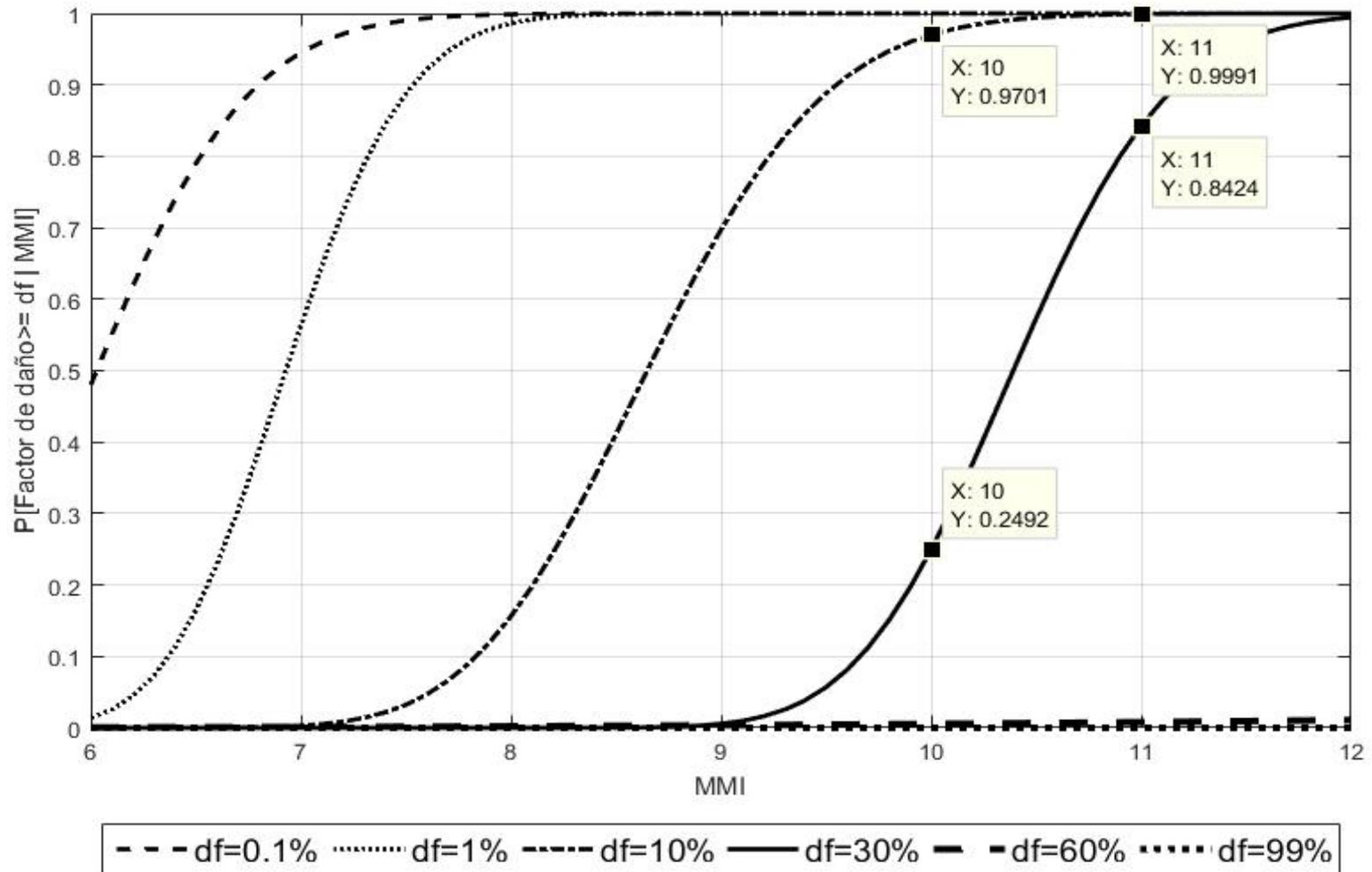
1. Introducción y Motivación
2. Objetivo General
3. Caso de Estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusiones



# Resultados – Caso Sismo – Curva de Fragilidad

Clasificación ATC = 63 – Estructuras de Frente Marino

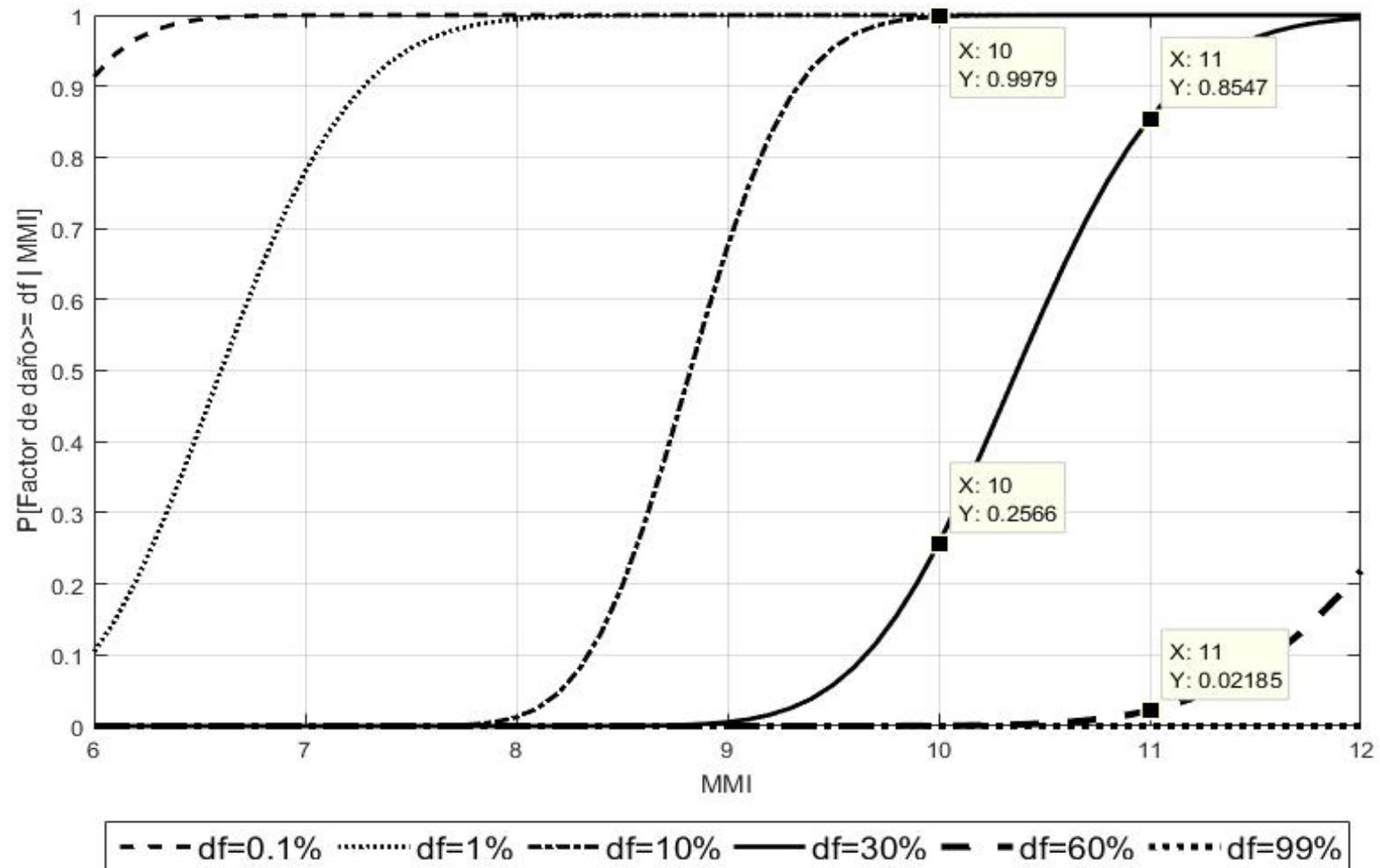
- 1. Introducción y Motivación
- 2. Objetivo General
- 3. Caso de Estudio
- 4. Metodología
- 5. Resultados**
- 6. Conclusiones



# Resultados – Caso Sismo – Curva de Fragilidad

Clasificación ATC = 65 – Equipo de Oficina

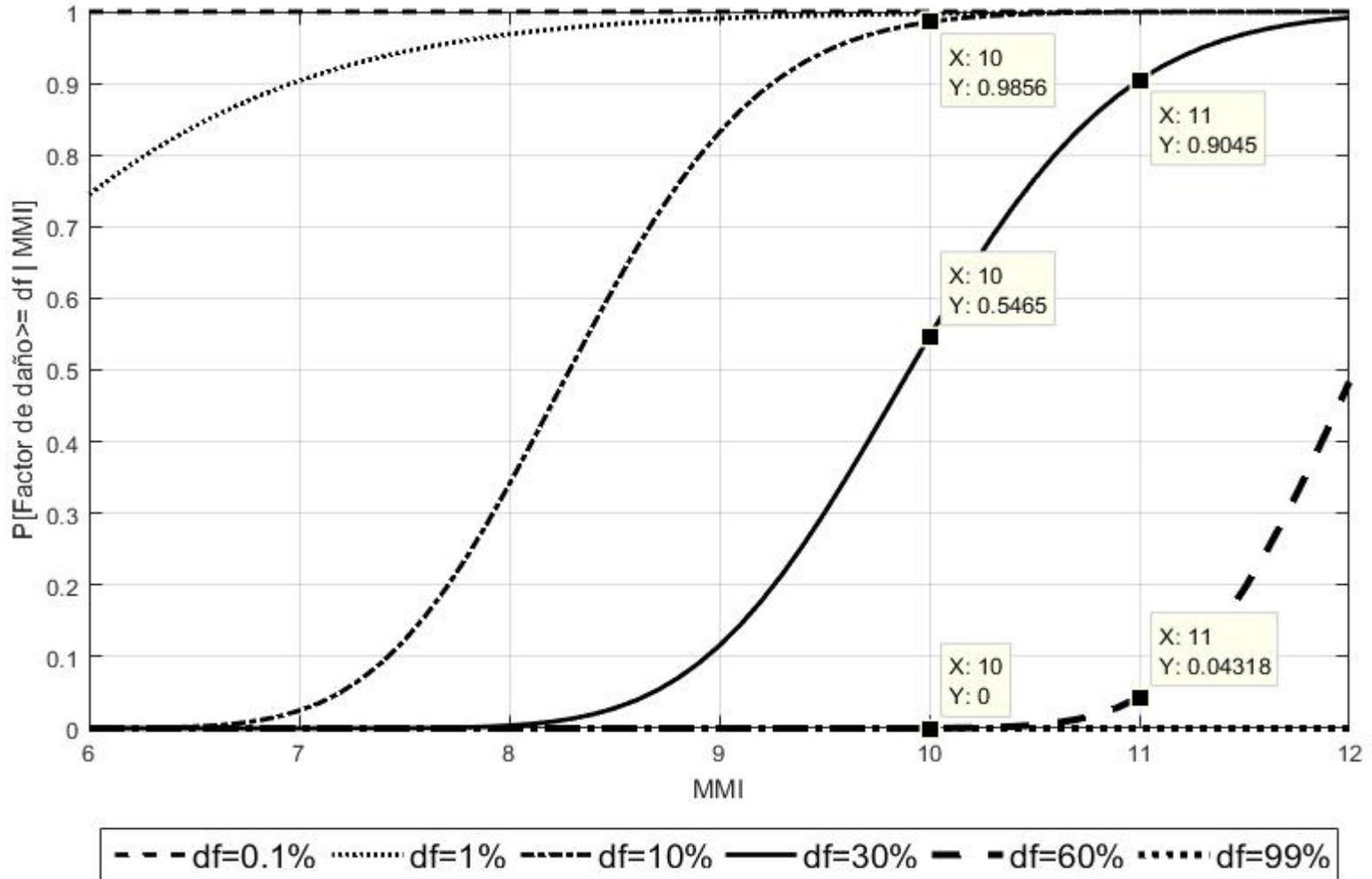
1. Introducción y Motivación
2. Objetivo General
3. Caso de Estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusiones



# Resultados – Caso Sismo – Curva de Fragilidad

Clasificación ATC = 66 – Equipo Eléctrico

- 1. Introducción y Motivación
- 2. Objetivo General
- 3. Caso de Estudio
- 4. Metodología
- 5. Resultados
- 6. Conclusiones



# Resultados – Caso Sismo – Curva de Fragilidad

## Tabla Resumen - Probabilidad de daño (%)

1. Introducción y Motivación

### Nivel de daño

Instalación	Magnitud	leve	ligero	moderado	grave	significativo
2. Objetivo General	X	100	100	98,25	15,77	**
	XI	100	100	100	62,76	**
3. Caso de Estudio	X	100	100	100	27,33	**
	XI	100	100	97	91,65	**
4. Metodología	X	100	100	97	24,92	**
	XI	100	100	99	84,24	**
5. Resultados	X	100	100	99	25,66	**
	XI	100	100	100	85,47	2
6. Conclusiones	X	100	100	98	54,65	**
	XI	100	100	100	90,45	4

\*\* Probabilidad muy pequeña



# Resultados – Caso Tsunami

## Matrices de Probabilidad de Daño

1. Introducción y Motivación

2. Objetivo General

3. Caso de Estudio

4. Metodología

5. Resultados

6. Conclusiones

Grúa Gottwald  
GHMK-6407

Damage Level	Profundidad[mNRS]				
	4,2	4,5	5	5,5	6
1	1	0,9	0,6	0,3	0
2	0	0,1	0,3	0,5	0,5
3	0	0	0,1	0,2	0,3
4	0	0	0	0	0,2
5	0	0	0	0	0

Oficinas Contenedor 20'  
Pila Individual - Carga Ligera

Damage Level	Profundidad[mNRS]				
	4,2	4,5	5	5,5	6
1	0,9	0,3	0	0	0
2	0,1	0,6	0,2	0	0
3	0	0,1	0,6	0,2	0
4	0	0	0,2	0,8	1
5	0	0	0	0	0

Contenedor 40'  
Pila Individual - Vacía

Damage Level	Profundidad[mNRS]				
	4,2	4,5	5	5,5	6
1	1	0,6	0	0	0
2	0	0,4	0,6	0	0
3	0	0	0,4	0,8	0
4	0	0	0	0,2	1
5	0	0	0	0	0

Contenedor 40'  
Pila Individual - Con Carga

Damage Level	Profundidad[mNRS]				
	4,2	4,5	5	5,5	6
1	1	0,9	0	0	0
2	0	0,1	0,8	0	0
3	0	0	0,1	0,8	0
4	0	0	0,1	0,2	1
5	0	0	0	0	0

Contenedor 40'  
Pila Doble - Vacío

Damage Level	Profundidad[mNRS]				
	4,2	4,5	5	5,5	6
1	1	0,7	0	0	0
2	0	0,3	0,5	0	0
3	0	0	0,5	0,6	0
4	0	0	0	0,4	1
5	0	0	0	0	0



# Resultados – Caso Tsunami

## Matrices de Probabilidad de Daño

1. Introducción y Motivación

2. Objetivo General

3. Caso de Estudio

4. Metodología

5. Resultados

6. Conclusiones

Contenedor 40'  
Pila Doble - Con Carga

Damage Level	Profundidad[mNRS]				
	4,2	4,5	5	5,5	6
1	1	1	0,8	0	0
2	0	0	0,2	0,6	0
3	0	0	0	0,3	0,5
4	0	0	0	0,1	0,5
5	0	0	0	0	0

Cafetería  
Panel Electrico

Damage Level	Profundidad[mNRS]				
	4,2	4,5	5	5,5	6
1	0,8	0,2	0	0	0
2	0,2	0,7	0,8	0,1	0
3	0	0,1	0,2	0,8	0,6
4	0	0	0	0,1	0,4
5	0	0	0	0	0

Panel Eléctrico  
Sitio 8

Damage Level	Profundidad[mNRS]				
	4,2	4,5	5	5,5	6
1	0,8	0,2	0	0	0
2	0,2	0,7	0,5	0	0
3	0	0,1	0,3	0,7	0,5
4	0	0	0,2	0,3	0,5
5	0	0	0	0	0

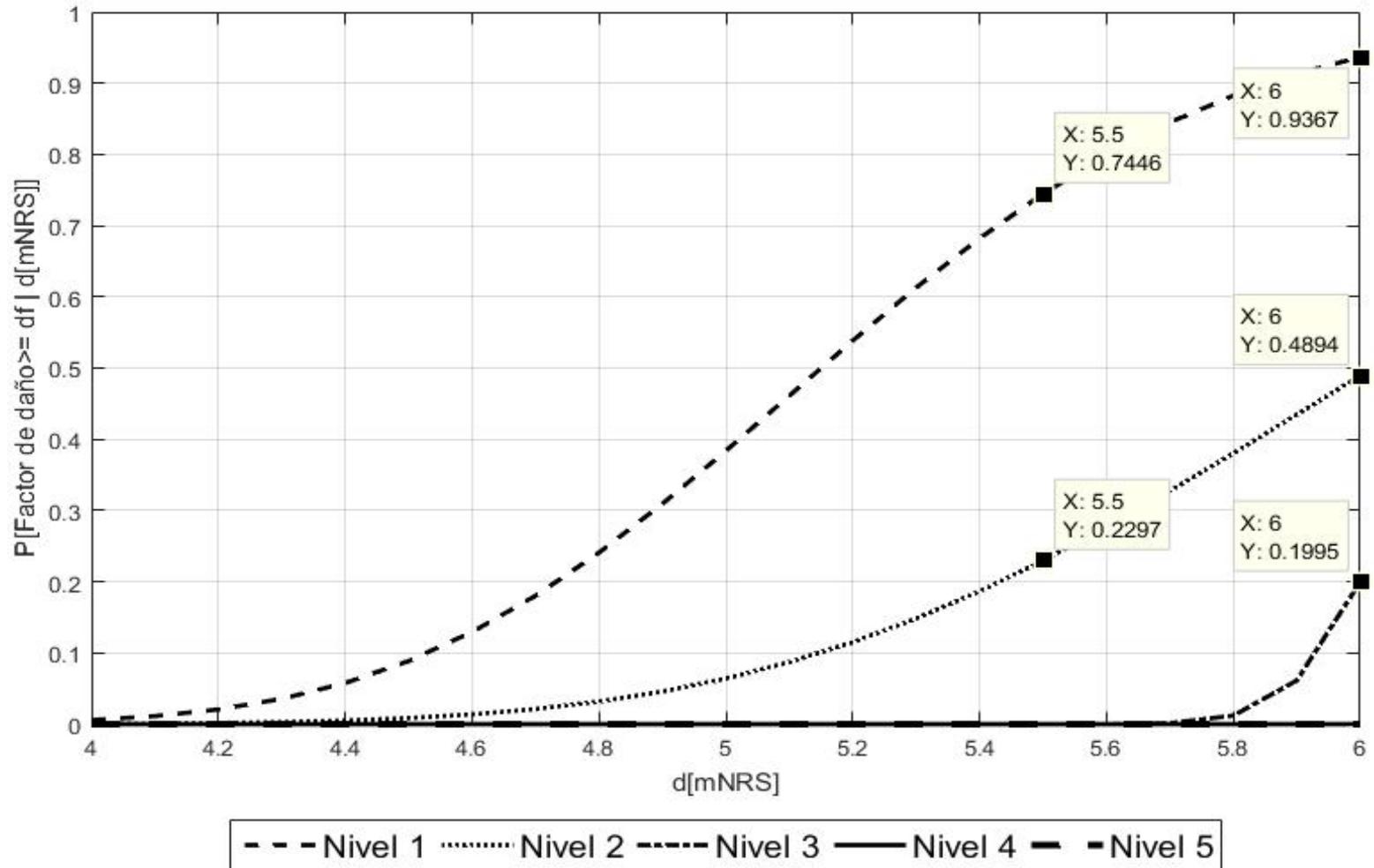
Oficinas  
Zona de Ingreso

Damage Level	Profundidad[mNRS]				
	4.2	4.5	5	5.5	6
1	1	0.9	0.5	0.3	0
2	0	0.1	0.4	0.5	0.6
3	0	0	0.1	0.2	0.3
4	0	0	0	0	0.1
5	0	0	0	0	0

# Resultados – Caso Tsunami – Curva de Fragilidad

## Grúa Gottwald

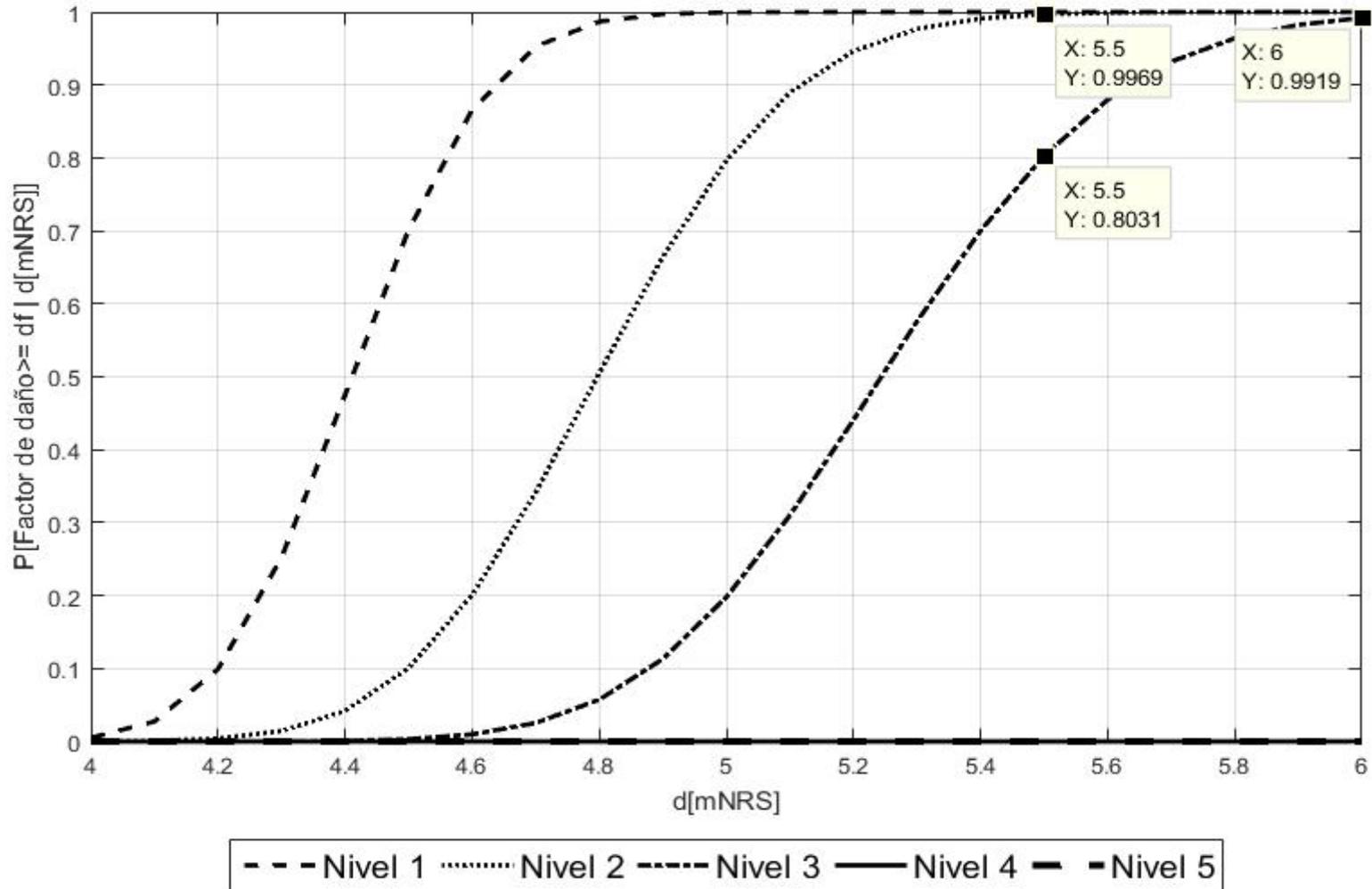
1. Introducción y Motivación
2. Objetivo General
3. Caso de Estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusiones



# Resultados – Caso Tsunami – Curva de Fragilidad

## Oficina Contenedor – Carga Ligera

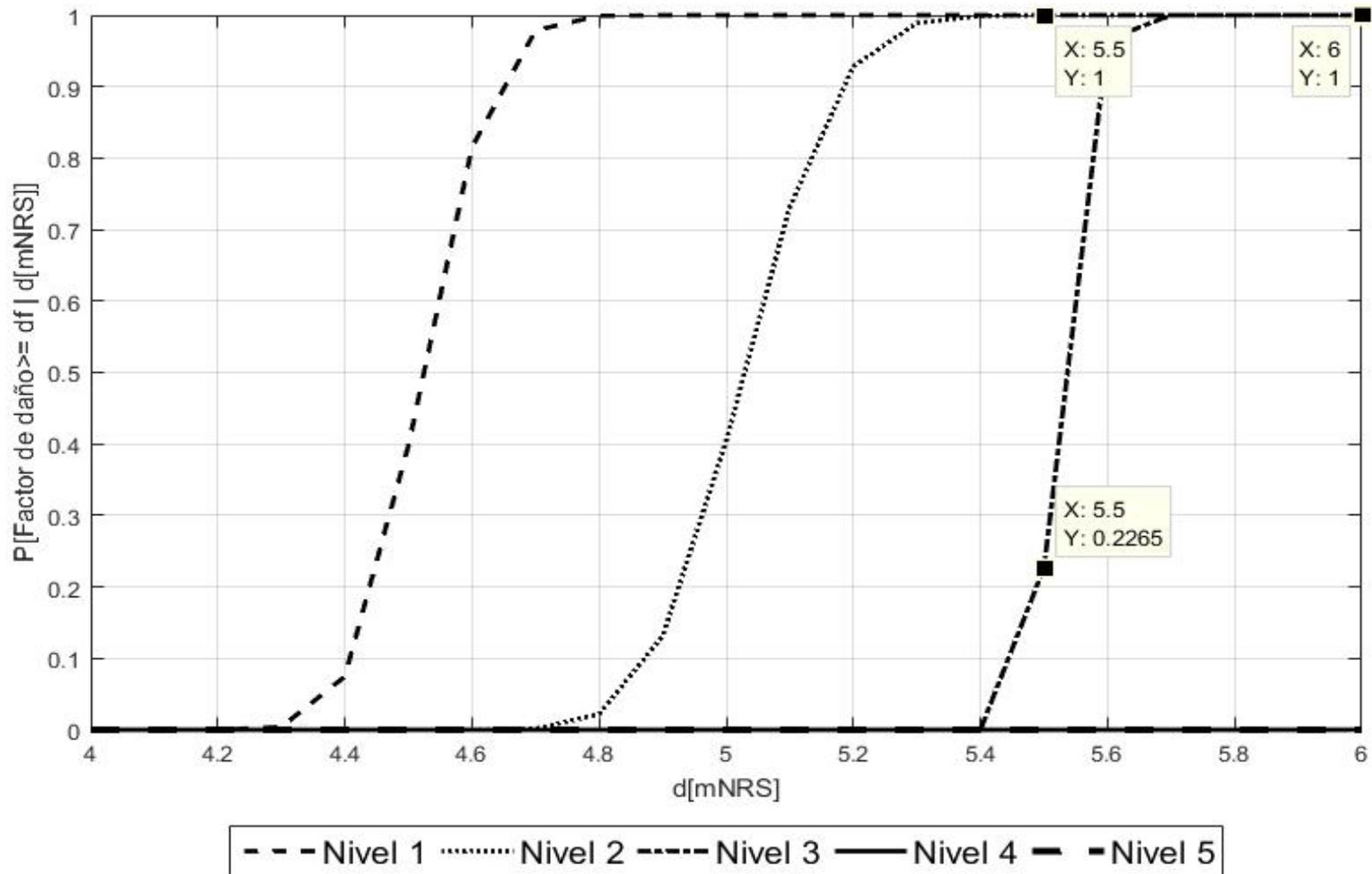
1. Introducción y Motivación
2. Objetivo General
3. Caso de Estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusiones



# Resultados – Caso Tsunami – Curva de Fragilidad

## Contenedor 40' – Pila Individual – Vacía

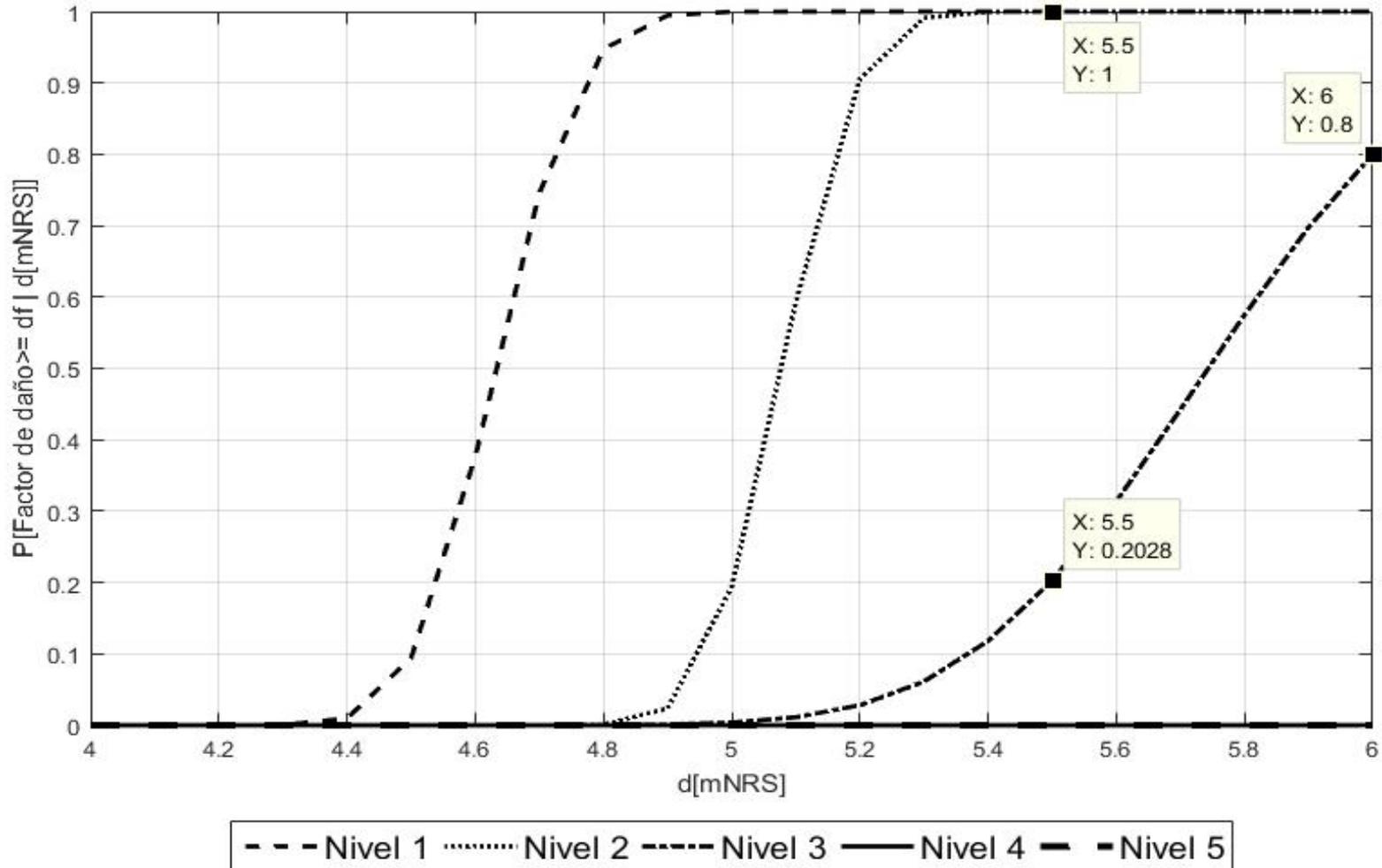
1. Introducción y Motivación
2. Objetivo General
3. Caso de Estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusiones



# Resultados – Caso Tsunami – Curva de Fragilidad

Contenedor 40' – Pila Individual – Con Carga

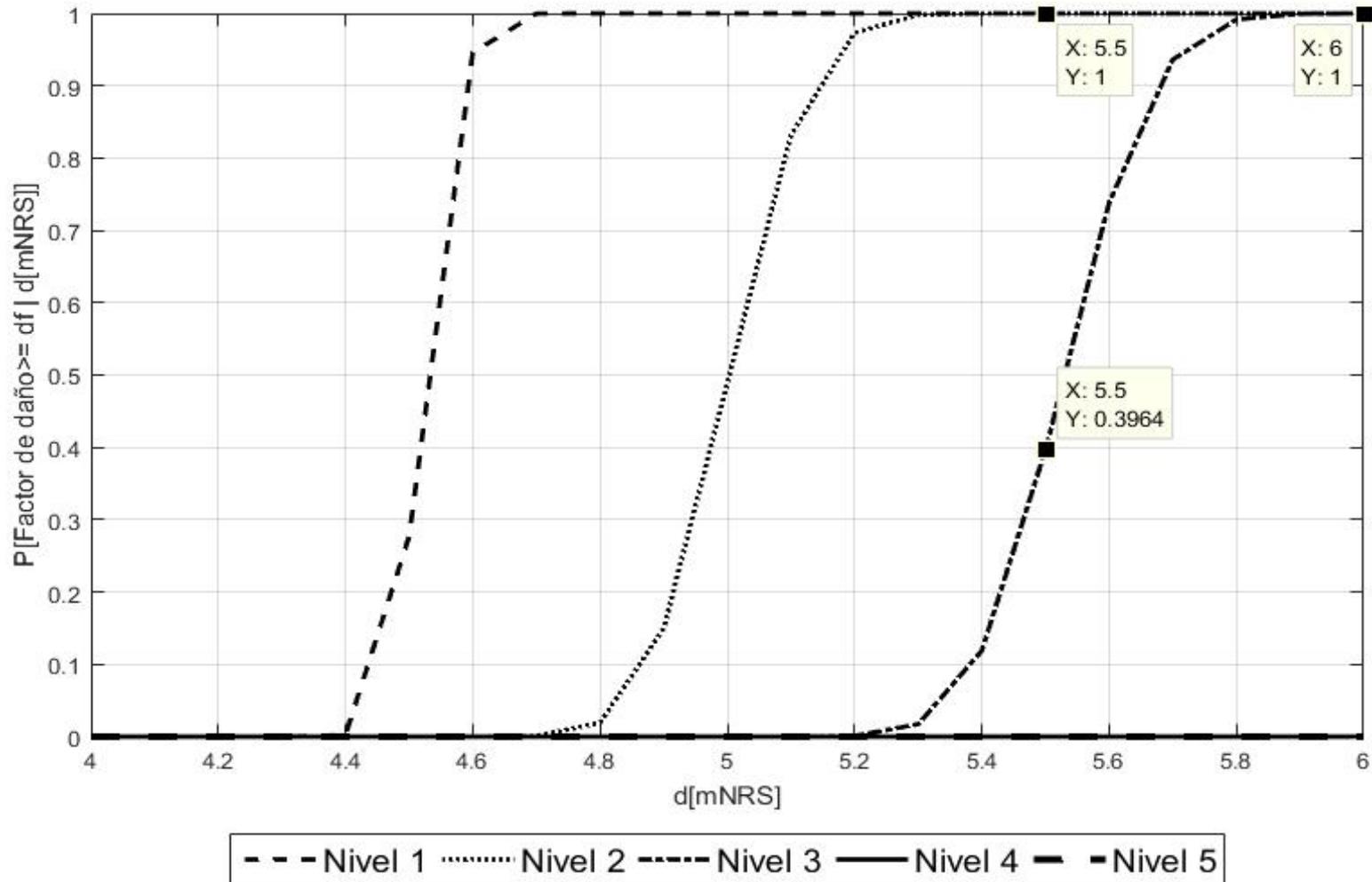
- 1. Introducción y Motivación
- 2. Objetivo General
- 3. Caso de Estudio
- 4. Metodología
- 5. Resultados
- 6. Conclusiones



# Resultados – Caso Tsunami – Curva de Fragilidad

## Contenedor 40' – Pila Doble – Vacía

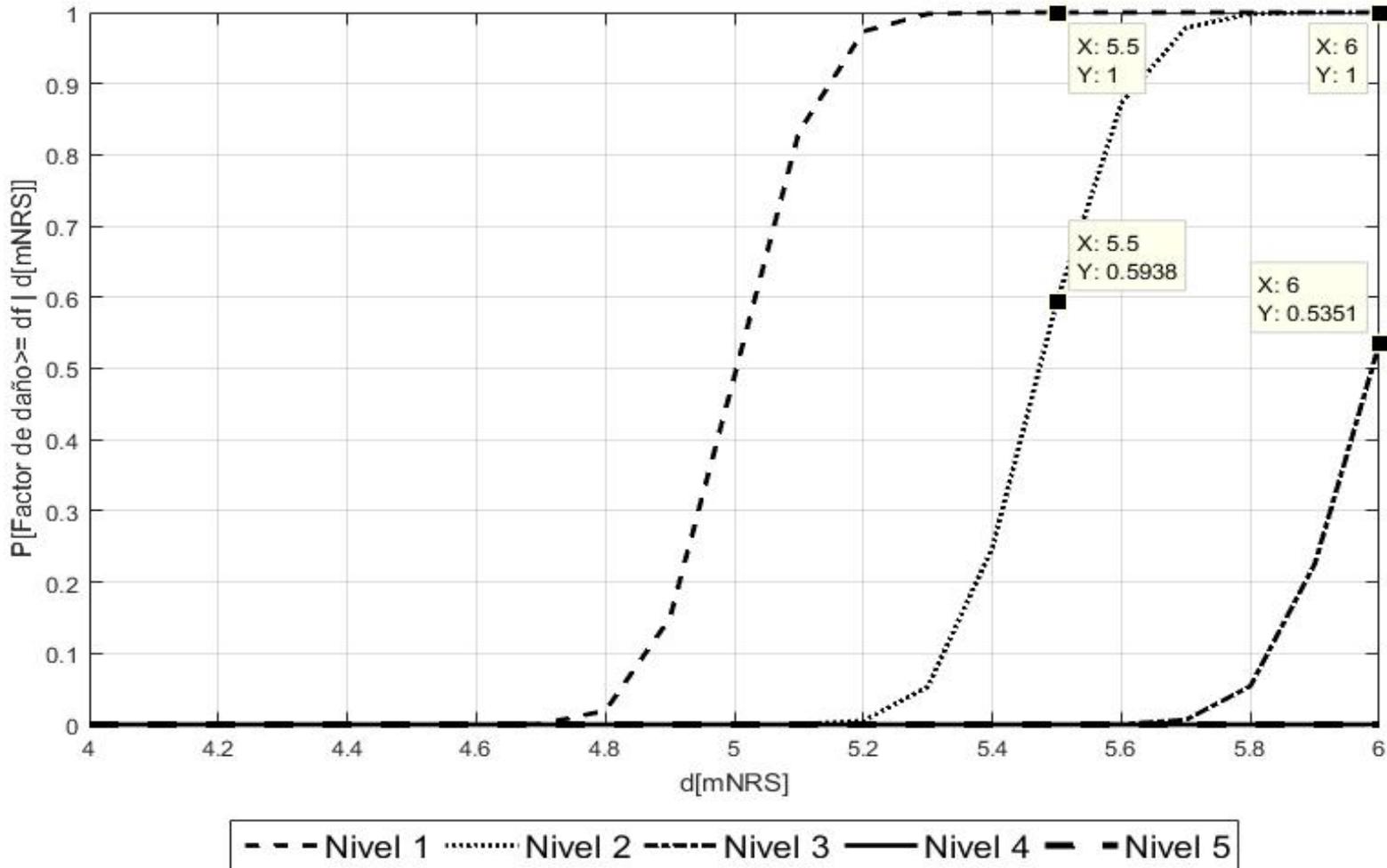
- 1. Introducción y Motivación
- 2. Objetivo General
- 3. Caso de Estudio
- 4. Metodología
- 5. Resultados
- 6. Conclusiones



# Resultados – Caso Tsunami – Curva de Fragilidad

## Contenedor 40' – Pila Doble – Con Carga

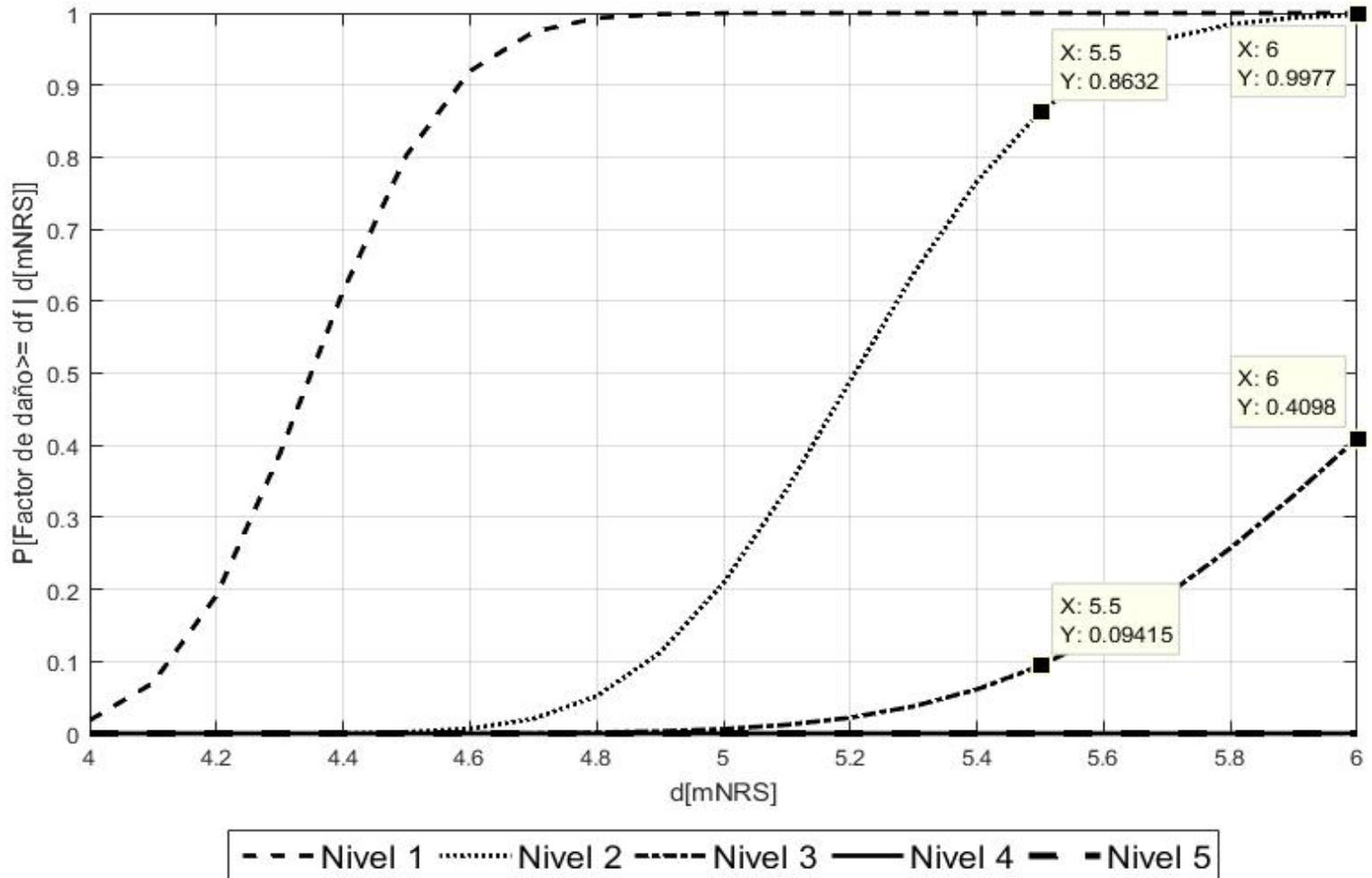
1. Introducción y Motivación
2. Objetivo General
3. Caso de Estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusiones



# Resultados – Caso Tsunami – Curva de Fragilidad

Cafetería – Panel Eléctrico

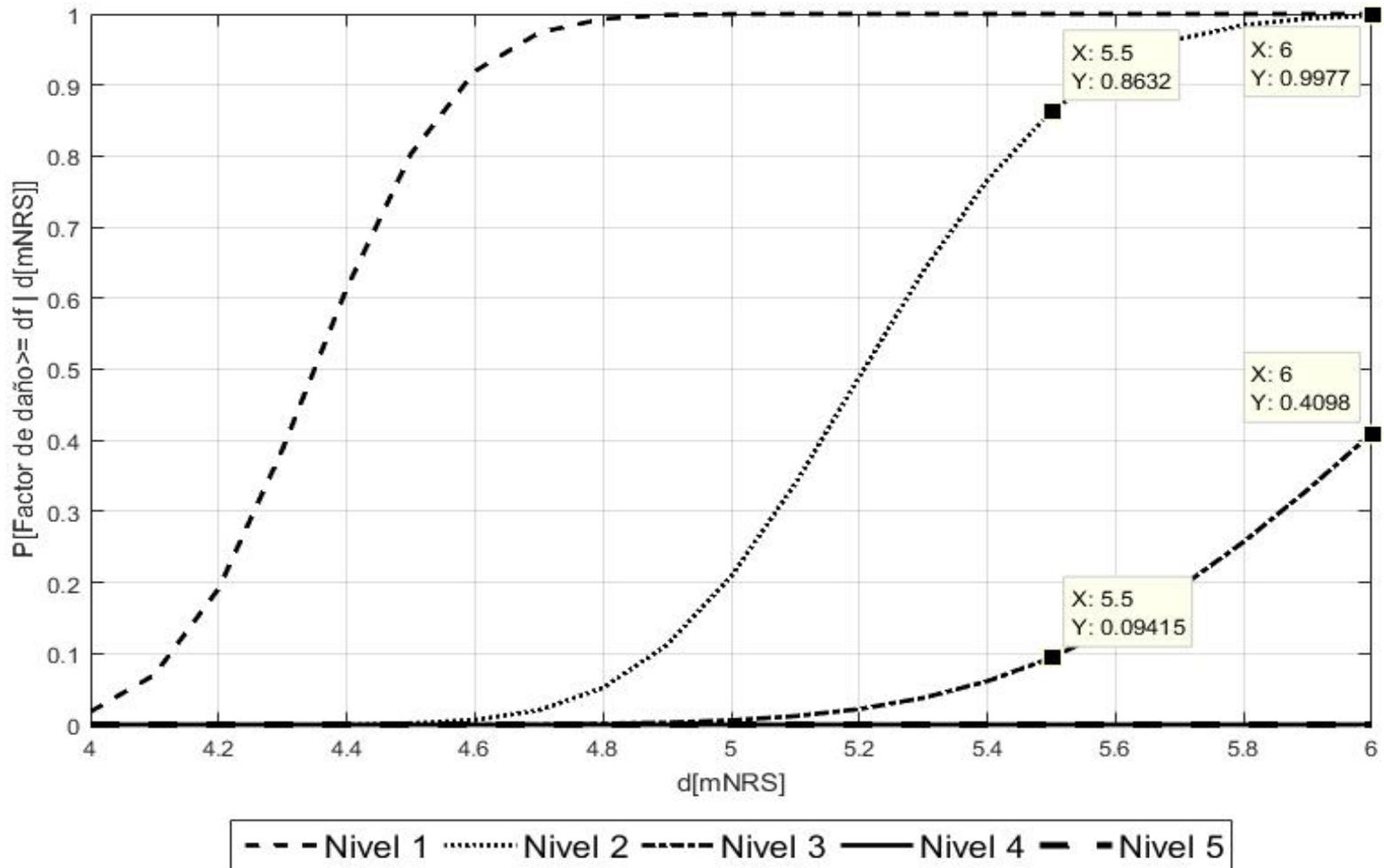
- 1. Introducción y Motivación
- 2. Objetivo General
- 3. Caso de Estudio
- 4. Metodología
- 5. Resultados
- 6. Conclusiones



# Resultados – Caso Tsunami – Curva de Fragilidad

Sitio 8 – Panel Eléctrico

- 1. Introducción y Motivación
- 2. Objetivo General
- 3. Caso de Estudio
- 4. Metodología
- 5. Resultados
- 6. Conclusiones



# Resultados – Caso Tsunami – Curva de Fragilidad

## Tabla Resumen – Probabilidad de daño (%)

		Nivel de daño					
Instalación	Prof. mNRS	Mínimo	moderado	Significativo	Completo	Colapso	
1. Introducción y Motivación	Grúas	5,5	74,46	22,97	**	**	**
		6	93,67	48,94	19,95	**	**
2. Objetivo General	Oficina Contenedor	5,5	100	99	80,31	**	**
		6	100	100	99,1	**	**
3. Caso de Estudio	Contenedor 40' Pila Individual Sin carga	5,5	100	100	22,65	**	**
		6	100	100	100	**	**
4. Metodología	Contenedor 40' Pila Individual Con Carga	5,5	100	100	20,28	**	**
		6	100	100	80	**	**
5. Resultados	Contenedor 40' Pila Doble Sin Carga	5,5	100	100	39,64	**	**
		6	100	100	100	**	**
6. Conclusiones	Contenedor 40' Pila Doble Con Carga	5,5	100	59,38	**	**	**
		6	100	100	53,51	**	**
	Panel eléctrico Cafetería	5,5	100	86,32	9,45	**	**
		6	100	99,7	40,98	**	**
	Panel eléctrico sitio 8	5,5	100	94,28	26,53	**	**
		6	100	99,88	53,9	**	**

\*\* Probabilidad muy pequeña

Fuente: Elaboración propia

Pablo Andrés Pedraza Cabrera  
Aspirante al título de Ingeniero Civil Oceánico



# Conclusiones

1. Introducción y Motivación

2. Objetivo General

3. Caso de Estudio

4. Metodología

5. Resultados

6. Conclusiones

- Sobre información histórica de daños y estructuras
  - ✓ Falta información pública sobre daños en infraestructura portuaria
  - ✓ No se cuenta con información de las estructuras más longevas
- Sobre la metodología
  - ✓ No considera el fenómeno de licuefacción
  - ✓ Tiende a subestimar el daño sobre instalaciones de mayor antigüedad o de los que no se conoce el diseño
  - ✓ Requiere de antecedentes de daños para validar y/o comparar los resultados para cada puerto
  - ✓ Las matrices de probabilidad pueden ser apoyadas por modelos u otras metodologías



# Conclusiones

- Sobre las instalaciones de TCVAL
  - ✓ Edificios de hormigón armado
  - ✓ Estructuras de Frente Marino
  - ✓ Equipo de Oficina y Eléctrico
  - ✓ Grúa Gottwal
  - ✓ Contenedores 20' y 40'

1. Introducción y Motivación

2. Objetivo General

3. Caso de Estudio

4. Metodología

5. Resultados

**6. Conclusiones**



## 1. Introducción y Motivación

- Replicar el ATC-13 para antecedentes y escenarios chilenos (Método Delphi)

## 2. Objetivo General

- Fema – P695 / Curva de Fragilidad – Método numérico

## 3. Caso de Estudio

- Modelo de licuefacción / Modelo de elementos finitos - FLIP

## 4. Metodología

## 5. Resultados

## 6. Conclusiones

- Estudios de socavación y erosión para escenario de 1730



# Muchas Gracias

# ¿Preguntas?



## 1. Introducción y Motivación

❖ Anagnos, T. R. (1995). *NCEER-ATC joint study on fragility of buildings*. State University of New York at Buffalo: Technical report, NCEER-95-0003. National Center for Earthquake Engineering Research.

❖ ATC. (1985). *ATC-13 "Earthquake Damage Evaluation Data For California"*. California.

❖ Barragán, e. a. (2012). Determinación de la ganitud local ml a partir de acelerogramas de movimiento fuerte. *Primer Simposio Colombiano de Sismología: Avances de la Sismología Colombiana en los últimos 20 años*, (pág. 12). Colombia. Universidad Nacional de Colombia; Colombia. Observatorio Sismológico de Quindío; Colombia. INGEOMINAS.

## 2. Objetivo General

❖ British Standars Institution. (2007). *BS 25999-2:2007 Business continuity management - Requirements and guidance for use*.

❖ Carvajal, M. C. (2017). Source of the 1730 Chilean earthquake from historical records: Implications for the future tsunami hazard on the coast of Metropolitan Chile. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*.

## 3. Caso de Estudio

❖ Central Disaster Management Council. (2015). *Business continuity guideline*. Cabinet office, Government of Japan.

❖ Chong, W. H. (2000). *Sliding fragility of unrestrained equipment in critical facilities*. Technical report, MCEER-00-0005. Multidisciplinary Center for Earthquake Eginieering Research.

## 4. Metodología

❖ Comte, D. E. (1986). he 1985 central Chile earthquake: a repeat of previous great earthquakes in the region? *Science*, 449-453.

❖ Deming, W. E. (1982). *Quality, productivity, and competitive position (Vol. 183)*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, Center for advanced engineering study. Obtenido de Obtenido de Balanced Scorecard Institute:: <http://www.balancedscorecard.org/thedemingcycle/tabid/112/default.aspx>.

## 5. Resultados

❖ Ellingwood, B. R. (2001). Earthquake risk assessment of building structures. *Reliability engineering system safety*, 74, 251-262.

## 6. Conclusiones

❖ EPV. (2015). Plan Maestro Puerto Valparaíso. Valparaíso.

❖ FEMA, P. (2009). *695. Quantification of Building Seismic Performance Factors*. Federal Emergency Management Agency.

❖ Gumbel, E. (1960). *Statistics of Extremes*. Columbia University Press.

❖ Gumbel, E. J. (1960). Bivariate exponential distributions. *Journal of the American Statistical Associatio*, 698-707.

❖ Gutenber, B. y. (1954). *Seismicity of the earth*. N.Y: 2° edición, Princeton University Press.



# Referencias

## 1. Introducción y Motivación

- ❖ Gutenberg, B. &. (1956). Earthquake magnitude, intensity, energy, and acceleration (second paper). *Bulletin of the seismological society of America*, 105-145.
- ❖ Gutenberg, B. U. (1954). *Seismicity of the earth and related phenomena*. (NJ): Princeton .
- ❖ ISO, I. (2009). *ISO 31000:2009 Risk management-Principles and guidelines*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

## 2. Objetivo General

- ❖ ISO, I. (2012). *ISO 22301:2012 Business continuity managemen systems-Requirements*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

## 3. Caso de Estudio

- ❖ Kanamori, H. (1977). The energy Release in great earthquakes. *journal of Geophysical Research*, 2981-2987.
- ❖ Kious, W. J. (1996). *This dynamic Earth: The story of plate tectonics*. DIANE Publishing.
- ❖ Koshimura, S. N. (2009). Tsunami Fragility - A New Measure to Identify Tsunami Damage - . *Journalof Disaster Research*, pp. 479-488.
- ❖ Kumagai, K. (2013). *Tsunami-induced Debris of Freight Containers due to the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake*. Japon.

## 4. Metodología

- ❖ Lavell, A. (2001). *Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición*. Scripta Nova-Revista.
- ❖ Lomnitz, C. (1966). Statistical Prediction Review of Geophysics, Vol 4 - N°3.

## 5. Resultados

- ❖ Madariaga, R. (1998). Sismicidad de Chile. *Física de la Tierra*, (10), 221.
- ❖ Martínez, J. G. (2010). El plan de continuidad de negocio: Una guía práctica para su elaboración. Ediciones Díaz de Santos.

## 6. Conclusiones

- ❖ Medvedev, S. V. (1977). Seismic intensity scale MSK-76.
- ❖ Musson, R. M. (2010). The comparison of macroseismic intensity scales. *Journal of Seismology*, 413-428.
- ❖ NCh2369, I. N. N. (2003). Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.
- ❖ NCh3363, I. N. N. (2015). Diseño estructural - Edificaciones en área de riesgo de inundación por tsunami o seiche. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.



# Referencias

## 1. Introducción y Motivación

## 2. Objetivo General

## 3. Caso de Estudio

## 4. Metodología

## 5. Resultados

## 6. Conclusiones

- ❖ Oliveira, C. (1974). Seismic Risk Analysis, EERC 74-1. Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 1-102.
- ❖ Olivera, C. (1974). Seismic Risk Analysis Earthquake Engineering Research. University of California.
- ❖ Papadopoulos, G. &. (2001). A proposal for a new tsunami intensity scale. ITS, pp. 569-577.
- ❖ Papathoma, M. &.-H. (2003). Tsunami vulnerability assessment and its implication for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece. Natural Hazards and Earth System Sciences, p. 733-747.
- ❖ Peláez, J. A. (2011). Sobre las escalas de magnitud. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 267-275.
- ❖ PRDW. (2012). Análisis de estabilidad y reparación sitios 6,7,8 y Muelle Prat, Puerto Valparaiso Post Sismos 27 de febrero 2010. Valparaiso.
- ❖ PRDW. (2014). Estudio de Estabilidad Espigón Valparaíso. Valparaiso.
- ❖ Ramírez, J. (1986). Tsunami. Revista Geográfica de Chile, 29-39.
- ❖ Real Academia Española. (2014). Diccionario de la lengua española (24ª. ed.). Obtenido de [www.rae.es/rae.html](http://www.rae.es/rae.html)
- ❖ Richter, C. F. (1935). An instrumental earthquake magnitude scale. Bulletin of the Seismological Society of America, 1-32.
- ❖ Richter, C. F. (1958). Elementary Seismology. San Francisco: Better World Books.
- ❖ Rodríguez, C. P. (2011). ¿Cómo construir una matriz de riesgo operativo? Revista de Ciencias Económicas, 29(1).
- ❖ SATREPS Chile Working Group 4b. (2016). BCP Guidelines for Chilean ports. Santiago de Chile: Ministerio de Obras Públicas.
- ❖ SATREPS-Tsunami. (2016). Guía para la estimación de peligro de Tsunami.
- ❖ Shinozuka, M. F. (2000). Statistical analysis of fragility curves. Journal of engineering mechanics, 1224-1231.
- ❖ Shuto, N. (1993). Tsunami intensity and Disasters. In: Tsunamis in the World. s.l.:Springer Netherlands, pp. 197-216.
- ❖ Suppasri, e. a. (2012). Building damage characteristic based on surveyed data and fragility curves of the 2011 Great East Japan Tsunami. Sendai, Japan.



# Referencias

## 1. Introducción y Motivación

❖ Tarbuck, E. J. (2005). Ciencias de la tierra.

❖ TCVAL. (2016). Simulación Tsunami Escenario 1730 - Versión sin proyecto. Valparaiso.

❖ Turoff, M. H. (2013). Aranguiz, R. B. (2012). Efectos en la bahía de Concepción de un tsunami generado en el norte de Chile. Concepción . Elsevier.

❖ UNESCO. (2013). UNESCO-IOC. Tsunami Glossary.

## 2. Objetivo General

❖ Vargas, J. E. (2002). Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales (Vol. 50). United Nations Publications.

❖ Virgo M. J., C. C. (2010). Planes de contingencia y Continuidad del Negocio. Facultad de Ciencias Económicas y Administración, Universidad de la República.

## 3. Caso de Estudio

## 4. Metodología

## 5. Resultados

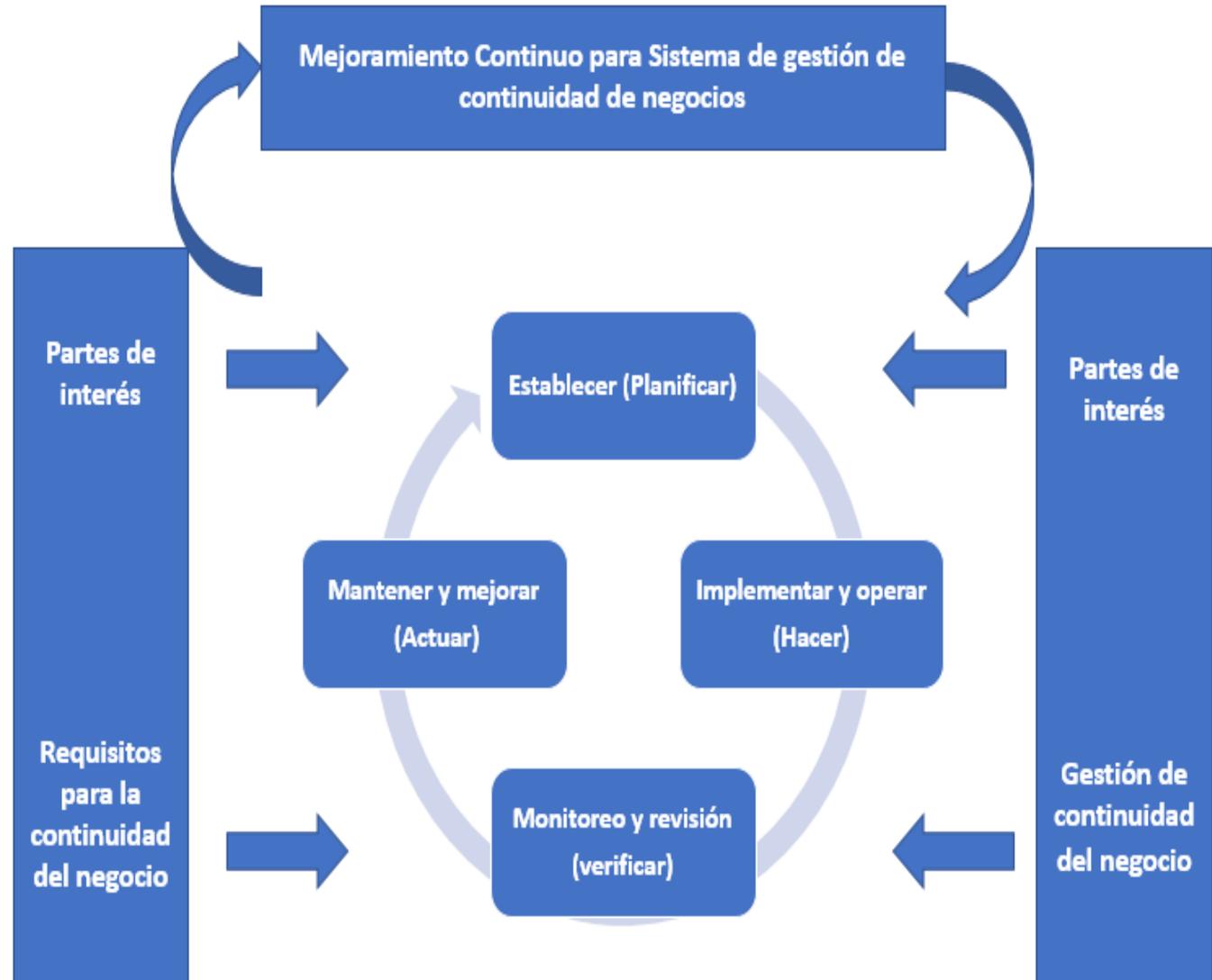
## 6. Conclusiones



# Gráficos de Apoyo

Modelo PDCA aplicado al proceso de BCMS

1. Introducción y Motivación
2. Objetivo General
3. Caso de Estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusiones



# Gráficos de Apoyo

## Escala de MMI-PGA

MMI	Nombre	Descripción	PGA [cm/s <sup>2</sup> ] ó GAL
I	Muy débil	Imperceptible y de efectos marginales	Menos de 1
II	Débil	Perceptible solo por algunas personas en reposo y/o aquellas que se encuentren ubicadas en pisos superiores.	1 - 2
III	Leve	Perceptible en interiores, observando leves movimientos en objetos y vibraciones similares a la que genera un vehículo ligero al pasar	2 - 5
IV	Moderado	Se observa mayores movimientos de objetos en interiores y vibraciones similares a la que genera un vehículo pesado al pasar	5 - 10
V	Poco Fuerte	Se percibe en el exterior, casi a una escala regional/nacional. Piezas de vasijas o cristales de ventanas se rompen y caen objetos inestables.	10 - 25
VI	Fuerte	Gran Terremoto. Destrucción total a comunidades Cercanas	25 - 50
VII	Muy Fuerte	Percibida a escala Nacional. Muebles pesados cambian de sitio y se observan daños leves en construcciones de material ligero	50 - 100
VIII	Destructivo	Daños leves en estructuras especializadas y de mayor consideración en estructuras ordinarias. Posibilidad de derrumbes	100 - 250
IX	Muy Destructivo	Daño estructural en instalaciones especializadas, edificios desplazados fuera de las bases	250 - 500
X	Desastroso	Daños en muros, vigas y fundaciones. Algunas estructuras de madera, puentes, vías ferroviarias, diques y taludes presentan signos de destrucción.	500 - 1000
XI	Muy Desastroso	Daños en carreteras y vías de conexión. Tuberías y alcantarillado con problemas graves	**
XII	Catastrófico	Desplazamiento de Rocas de gran tamaño, objetos saltan al aire, las personas no logran ponerse en pie y alta probabilidad de fatalidad	**

## Magnitud Richter V/s Efectos

Magnitud Escala Richter	Efecto del Sismo
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5 a 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores
5.5 a 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificio
6.1 a 6.9	Puede ocasionar daños severos en área donde vive mucha gente
7.0 a 7.9	Terremoto mayor. Causa Graves Daños
8.0 o superior	Gran Terremoto. Destrucción total a comunidades Cercanas

1. Introducción y Motivación

2. Objetivo General

3. Caso de Estudio

4. Metodología

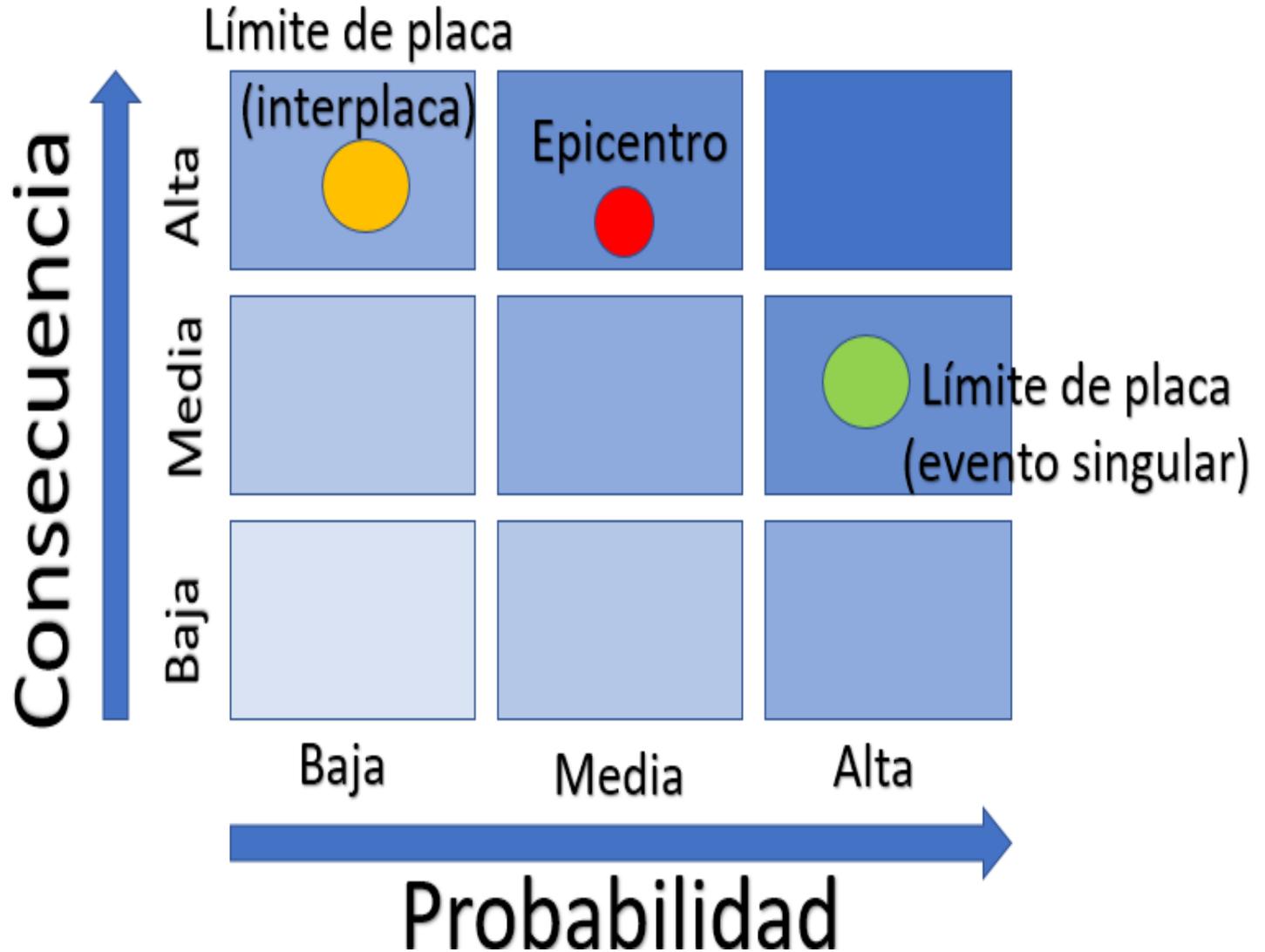
5. Resultados

6. Conclusiones



# Gráficos de Apoyo

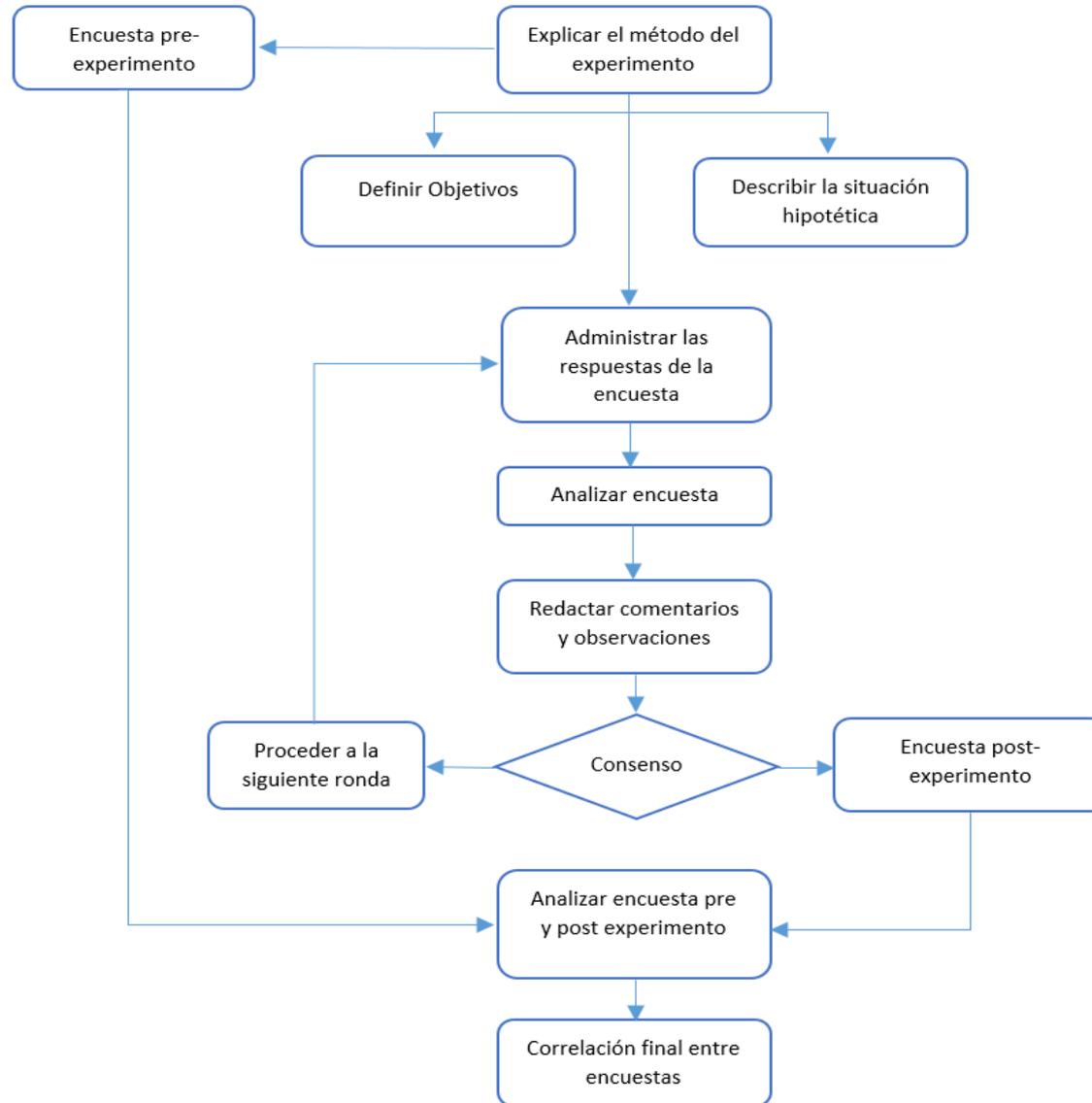
Matriz de Riesgo



- 1. Introducción y Motivación
- 2. Objetivo General
- 3. Caso de Estudio
- 4. Metodología
- 5. Resultados
- 6. Conclusiones

# Gráficos de Apoyo

## Algoritmo proceso de opinión de Expertos



1. Introducción y Motivación
2. Objetivo General
3. Caso de Estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusiones



# Gráficos de Apoyo

Kumagai

1. Introducción y Motivación

2. Objetivo General

3. Caso de Estudio

4. Metodología

5. Resultados

6. Conclusiones

$B = \text{const.} = 0$	$0 < h_i \leq h_b$
$B = (h_i - h_b)WL\sigma \cdot g$	$h_b < h_i \leq h_c$
$B = \text{const.}$	$h_c < h_i \leq h_c + h_b$
$B = (h_i - 2h_b)WL\sigma \cdot g$	$h_c + h_b < h_i \leq 2h_c$
$B = \text{const.}$	$2h_c < h_i \leq 2h_c + h_b$
$B = (h_i - 3h_b)WL\sigma \cdot g$	$2h_c + h_b < h_i \leq 3h_c$
$B = \text{const.}$	$3h_c < h_i \leq 3h_c + h_b$
$B = (h_i - 4h_b)WL\sigma \cdot g$	$3h_c + h_b < h_i \leq 4h_c$

