

Aproximación a métodos cuantitativos para abordar la SCI en Edificios Existentes en España

Juan B. Echeverría
Universidad de Navarra



Organizadores / Organizers



FUNDACIÓN MAPFRE

Madrid, 20 – 22 de Febrero de 2013
Centro de Convenciones Mapfre

El problema / The problem

- Necesidad



- Complejidad

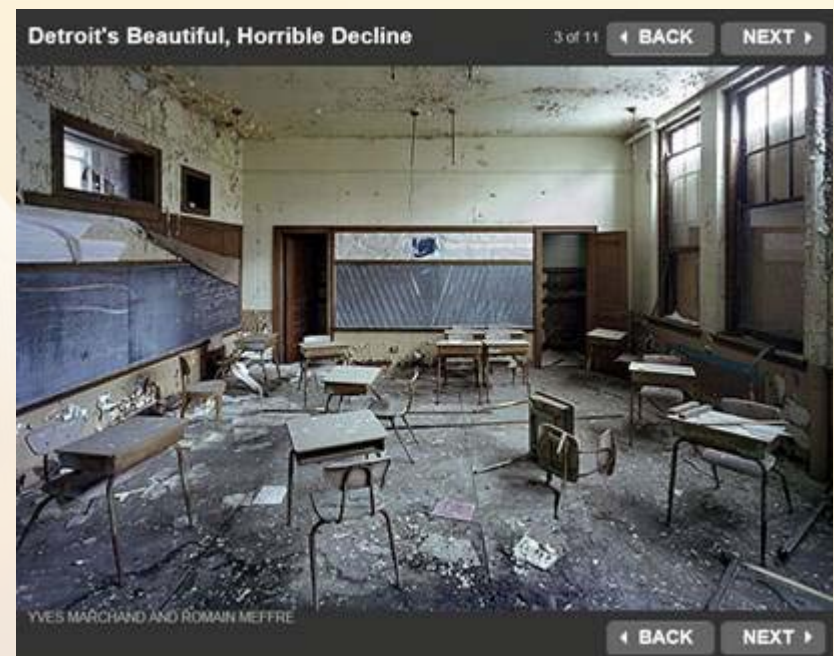
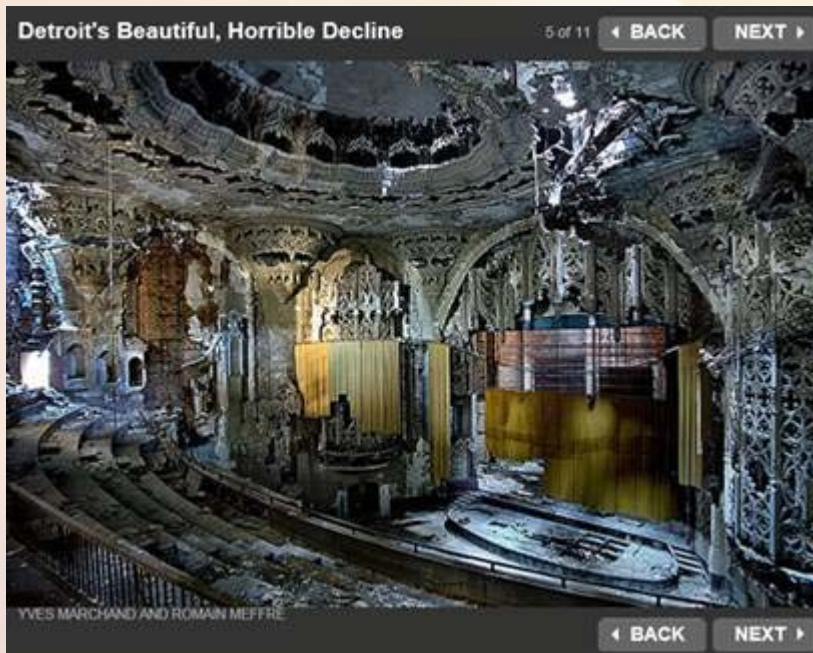


- Escaso soporte legal

3. Igualmente, el CTE se aplicará a las obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación que se realicen en edificios existentes, siempre y cuando dichas obras sean compatibles con la naturaleza de la intervención y, en su caso, con el grado de protección que puedan tener los edificios afectados. La posible incompatibilidad de aplicación deberá justificarse en el proyecto y, en su caso, compensarse con medidas alternativas que sean técnica y económicamente viables.

El problema / The problem

- Necesidad



El problema / The problem

- Complejidad

- ¿sustitución?



- ¿mejora?



- ¿asimetría?



El problema / The problem

- Escaso soporte legal



3. Igualmente, el CTE se aplicará a las obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación que se realicen en edificios existentes, siempre y cuando dichas obras sean compatibles con la naturaleza de la intervención y, en su caso, con el grado de protección que puedan tener los edificios afectados. La posible incompatibilidad de aplicación deberá justificarse en el proyecto y, en su caso, compensarse con medidas alternativas que sean técnica y económicamente viables.

%

%

El problema / The problem

Mientras esta problemática afecta a todas las áreas del ámbito edificatorio, desde la energía a la gestión de las catástrofes, **el fuego** representa uno de los retos más importantes, ya que pone en riesgo:

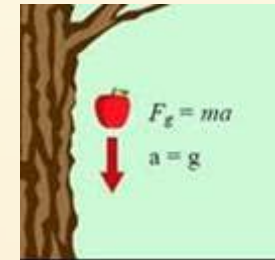
- La Seguridad de las personas
- La Propiedad
- Las Operaciones
- El Patrimonio
- El Entorno



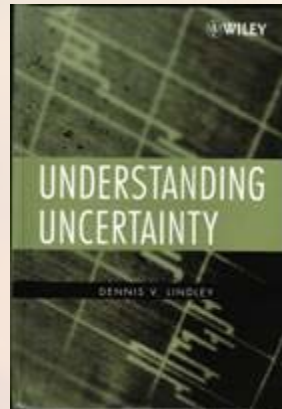
El problema / The problem

¿Cómo avanzar?

- Tradicionalmente, en edificación, gran confianza en métodos cuantitativos **determinísticos**



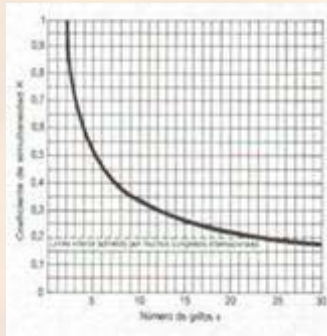
- ¡¡¡Pero... los métodos determinísticos, con frecuencia, están trufados por variables **probabilísticas** !!!



El problema / The problem

¿Cómo avanzar?

- Hasta el punto de que, en algunas circunstancias, el resultado depende casi exclusivamente de la determinación de alguna de ellas...



El problema / The problem

¿Cómo avanzar?

- ¡¡¡La regulación se expresa, en gran parte, en términos probabilísticos !!!

Artículo 11. Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (SI)

1. El objetivo del requisito básico "Seguridad en caso de incendio" consiste en reducir a límites aceptables el *riesgo* de que los *usuarios* de un *edificio* sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.

- Aún más difícil de interpretar en Edificios Existentes.
Aceptabilidad.



¿Cómo enfrentarlo? / How to face it?

Educación

- Si se educa en el cumplimiento de las prescripciones de los códigos, el alumno no tiene conciencia de lo que hace
- El esfuerzo se debe dirigir al análisis de lo variable y **lo incierto**
- Después..., hoy..., los modelos determinísticos son fáciles de utilizar



risk
effect of uncertainty on objectives

RIBSDE

Risk-informed Building Systems Design Education



¿Cómo enfrentarlo? / How to face it?

¿Cómo avanzar?

- Necesidad de incrementar la información

Risk-Informed: Method or technique which considers qualitative and quantitative risk information as an input to a decision-making process.



Qualitative Requirement: A requirement which is stated in qualitative or descriptive language, typically relating to the quality or character of something, rather than to its size or quantity.

Quantitative (Requirement): A requirement which is capable of being expressed in numerical terms or estimated, measured or predicted using a *verification method* or other method deemed acceptable by recognized *guidelines* and *approved methods of analysis*.

¿Cómo enfrentarlo? / How to face it?

Desarrollar Herramientas:

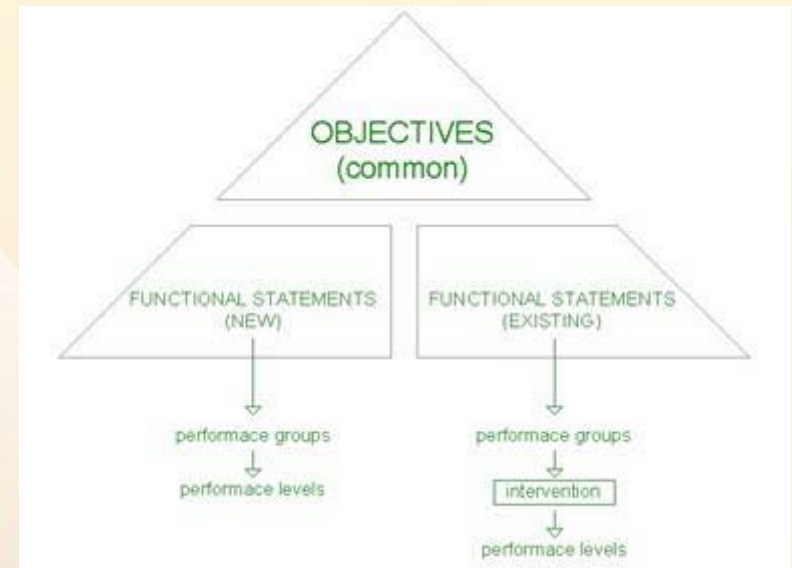
- Precisas
- Flexibles
- Adaptables



¿Mismo esquema?



Jerarquía de ocho niveles del IRCC Performance-Based Building Code (IRCC, 2000)



Clasificación de los trabajos /Classification of works

IEBC 2012 Classification work (Chapter 5)			NFPA 101 Building Rehabilitation (Chapter 43)			Spanish CTE (Art. 2)
Repairs		Materials and methods like those of the original construction	≈	Repair	Maintenance	
Alterations	Level 1	Replacement or covering of existing material using new materials	≈	Renovation	Replacement in kind or strengthening materials of load-bearing elements Refinishing, replacement, bracing, strengthening, or upgrading of existing materials No reconfiguration	≈ Reforma
	Level 2	Alteration, space reconfiguration < 50% of the area		Modification	Reconfiguration of any space Addition, relocation, or elimination of any door or window Addition or elimination of load-bearing elements Reconfiguration or extension of any system Installation of any additional equipment	≈ Modificación
	Level 3	Alteration, space reconfiguration > 50% of the area		Reconstruction	Reconfiguration of a space affecting an exit or a corridor shared by more than one occupant space Reconfiguration of a space such that the rehabilitation work area is not permitted to be occupied because existing means of egress and fire protection systems, are not in place or continuously maintained	≈ Rehabilitación
Change of occupancy		Change in occupancy or change in occupancy classification	≈	Change of use or occupancy classification	Change in the purpose or level of activity or in the occupancy classification	
Additions		Extension or increase in the floor area, stories or height	=	Addition		= Ampliación

NFPA 101 A / Guide on Alternative Approaches to Life Safety

NFPA® 101A

Guide on
Alternative Approaches to
Life Safety

2010 Edition

1.3.3 The method described in this guide is an index method. Index methods are a type of qualitative risk assessment. Quantitative risk assessments can also be used to evaluate designs that are proposed as alternative approaches to life safety. For information on developing fire risk assessments, see the *SFPE Engineering Guide to Fire Risk Assessment*. Guidance on reviewing fire risk assessments can be found in NFPA 551, *Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments*.

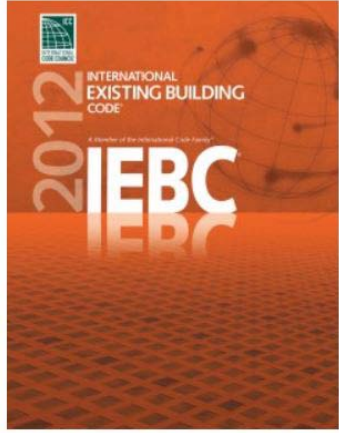
- El método descrito en la guía es de tipo “Índice”, constituyendo una forma **cualitativa** de evaluación del riesgo

WORKSHEET 4.7.11 CONCLUSIONS

1. ☐ All of the checks in Worksheet 4.7.9 are in the “Yes” column. The level of fire safety is at least equivalent to that prescribed by the *Life Safety Code*.*
2. ☐ One or more of the checks in Worksheet 4.7.9 are in the “No” column. The level of fire safety is not shown by this system to be equivalent to that prescribed by the *Life Safety Code*.*

* The equivalency covered by this worksheet includes the majority of considerations covered by the *Life Safety Code*. There are some considerations that are not evaluated by this method. These must be considered separately. These additional considerations are covered in Worksheet 4.7.10, the Facility Fire Safety Requirements Worksheet. One copy of this separate worksheet is to be completed for each facility.

IEBC / Performance Compliance Methods



[B] 1401.5 Evaluation. The evaluation shall be comprised of three categories: fire safety, means of egress, and general safety, as defined in Sections 1401.5.1 through 1401.5.3.

[B] 1401.5.1 Fire safety. Included within the fire safety category are the structural fire resistance, automatic fire detection, fire alarm, automatic sprinkler system and fire suppression system features of the *facility*.

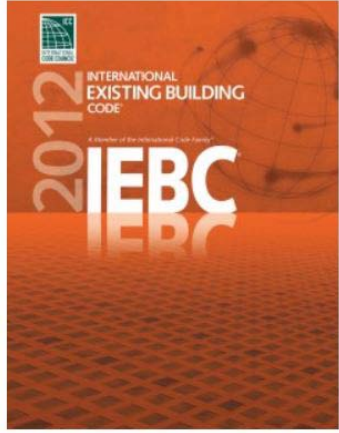
[B] 1401.5.2 Means of egress. Included within the means of egress category are the configuration, characteristics, and support features for means of egress in the facility.

[B] 1401.5.3 General safety. Included within the general safety category are the fire safety parameters and the means-of-egress parameters.

Categorías de Evaluación:

- Seguridad en caso de Incendio (FS)
 - Estructura, Detección, Alarma, Extinción
- Medios de Evacuación (ME)
 - Configuración, Características
- Seguridad General (GS)
 - Parámetros de SCI y de ME

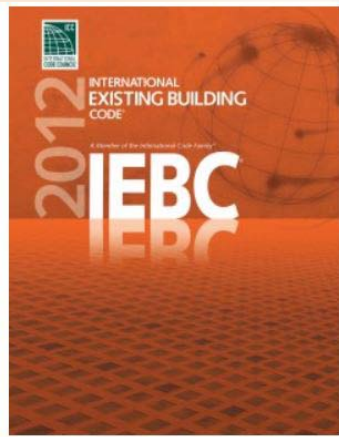
IEBC / Performance Compliance Methods



Parámetros

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 1.- Altura del edificio | 11.- Medios de evacuación |
| 2.- Área | 12.- Fondos de saco |
| 3.- Compartimentación | 13.- Recorrido máximo |
| 4.- Separación entre usuarios | 14.- Control ascensores |
| 5.- Paredes de pasillos | 15.- Iluminación M. evacuación |
| 6.- Aberturas verticales | 16.- Ocupaciones mixtas |
| 7.- Sistemas HVAC | 17.- Rociadores |
| 8.- Detección | 18.- Mangueras |
| 9.- Alarma | 19.- Usos incidentales |
| 10.- Control de humo | |

IEBC / Performance Compliance Methods



Hoja de Evaluación:

- FS
- ME
- GS

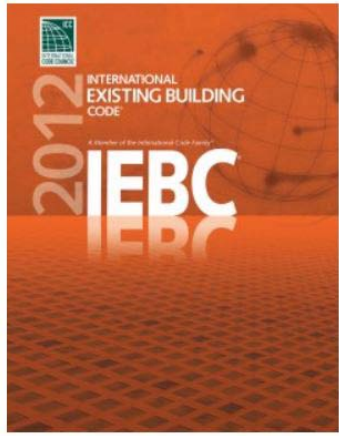
**[B] TABLE 1401.7
SUMMARY SHEET-BUILDING CODE**

Existing occupancy _____		Proposed occupancy _____	
Year building was constructed _____		Number of stories _____ Height in feet _____	
Type of construction _____		Area per floor _____	
Percentage of open perimeter increase _____ %		Corridor wall rating _____	
Completely suppressed: Yes _____ No _____		Required door closers: Yes _____ No _____	
Compartmentation: Yes _____ No _____		Fire-resistance rating of vertical opening enclosures _____	
Type of HVAC system _____		_____ , serving number of floors _____	
Automatic fire detection: Yes _____ No _____		Type and location _____	
Fire alarm system: Yes _____ No _____		Type _____	
Smoke control: Yes _____ No _____		Type _____	
Adequate exit routes: Yes _____ No _____		Dead ends: Yes _____ No _____	
Maximum exit access travel distance _____		Elevator controls: Yes _____ No _____	
Means of egress emergency lighting: Yes _____ No _____		Mixed occupancies: Yes _____ No _____	

SAFETY PARAMETERS	FIRE SAFETY (FS)	MEANS OF EGRESS (ME)	GENERAL SAFETY (GS)
1401.6.1 Building Height			
1401.6.2 Building Area			
1401.6.3 Compartmentation			
1401.6.4 Tenant and Dwelling Unit Separations			
1401.6.5 Corridor Walls			
1401.6.6 Vertical Openings			
1401.6.7 HVAC Systems			
1401.6.8 Automatic Fire Detection			
1401.6.9 Fire Alarm System			
1401.6.10 Smoke control	****		
1401.6.11 Means of Egress	****		
1401.6.12 Dead ends	****		
1401.6.13 Maximum Exit Access Travel Distance	****		
1401.6.14 Elevator Control	****		
1401.6.15 Means of Egress Emergency Lighting	****		
1401.6.16 Mixed Occupancies		****	
1401.6.17 Automatic Sprinklers		-2-	
1401.6.18 Standpipes			
1401.6.19 Incidental Use			
Building score—total value:			

*** No applicable value to be inserted.

IEBC / Performance Compliance Methods



[B] TABLE 1401.9
EVALUATION FORMULAS*

FORMULA	T1401.7	T1401.8		SCORE	PASS	FAIL
FS - MFS ≥ 0	____ (FS) -	____ (MFS)	=	____	____	____
ME - MME ≥ 0	____ (ME) -	____ (MME)	=	____	____	____
GS - MGS ≥ 0	____ (GS) -	____ (MGS)	=	____	____	____

a. FS = Fire Safety
ME = Means of Egress
GS = General Safety

MFS = Mandatory Fire Safety
MME = Mandatory Means of Egress
MGS = Mandatory Means of Safety

Fórmulas de Evaluación: (Comparación con valores preceptivos)

- $FS - MFS \geq 0$
- $ME - MME \geq 0$
- $GS - MGS \geq 0$

OK!!!

RIPB assessment approach

DESIGN PERFORMANCE LEVEL (DPL) BASED ON PERFORMANCE GROUP (PG) AND MAGNITUDE OF DESIGN EVENT (MDE)				
MDE	PG I	PG II	PG III	PG IV
VERY LARGE	SEVERE IMPACT	SEVERE IMPACT	HIGH IMPACT	MODERATE IMPACT
LARGE	SEVERE IMPACT	HIGH IMPACT	MODERATE IMPACT	MILD IMPACT
MEDIUM	HIGH IMPACT	MODERATE IMPACT	MILD IMPACT	MILD IMPACT
SMALL	MODERATE IMPACT	MILD IMPACT	MILD IMPACT	MILD IMPACT

Adoptamos el sistema de matrices del ICCPC, que relaciona:

- La magnitud de probabilidad del riesgo (MDE)
- El nivel de daño que puede ser tolerado, expresado en términos de niveles de servicio (DPLs) en función de los grupos de servicio para los edificios (PGs)

RIPB assessment approach

- Los niveles de servicio (DPLs) se definen en términos de límites tolerables de impacto (TLIs) para:
 - El sistema estructural (**S**)
 - Los sistemas no estructurales (**NS**)
 - La ocupación (**O**)
 - El contenido (**ED**)
 - El entorno, en términos de residuos (**HM**)
- Los límites tolerables de impacto se definen en términos de **Leve, Moderado, Alto y Severo**
- Dada la naturaleza puramente cualitativa de estos términos, puede ser difícil entender la contribución de cada uno de los indicadores de daño (S, NS, O, ED y HM) a los límites tolerables de impacto (TLIs)

RIPB assessment approach

- Para tener un método más robusto de análisis:
 - Asumimos que los niveles de servicio (DPLs) pueden ser expresados en función de los límites tolerables de impacto (TLIs):

$$DPL = f \{S_{TLI}, NS_{TLI}, O_{TLI}, ED_{TLI}, HM_{TLI}\}$$

- Asumimos un método de valoración en el que los daños “pequeños” tengan un valor de “1” y los “muy elevados” de “4”

DPL	S	NS	O	ED	HM
Severe Impact	4	4	4	4	4
High Impact	3	3	3	3	3
Moderate Impact	2	2	2	2	2
Mild Impact	1	1	1	1	1

$$DPL = \sum S_{TLI} + NS_{TLI} + O_{TLI} + ED_{TLI} + HM_{TLI}$$

$$DPL_{Severe Impact} = 4+4+4+4+4 = 20$$

$$DPL_{High Impact} = 3+3+3+3+3 = 15$$

$$DPL_{Moderate Impact} = 2+2+2+2+2 = 10$$

$$DPL_{Mild Impact} = 1+1+1+1+1 = 5$$

RIPB assessment approach

Niveles de servicio para edificios nuevos:

DPL	TLI Range
Severe Impact	$15 < x$
High Impact	$10 < x \leq 15$
Moderate Impact	$5 < x \leq 10$
Mild Impact	$x \leq 5$

Matriz de niveles de servicio para edificios nuevos:

DESIGN PERFORMANCE LEVEL (DPL) BASED ON PERFORMANCE GROUP (PG) AND MAGNITUDE OF DESIGN EVENT (MDE)				
MDE	PG I	PG II	PG III	PG IV
VERY LARGE	$15 < x$	$15 < x$	$10 < x \leq 15$	$5 < x \leq 10$
LARGE	$15 < x$	$10 < x \leq 15$	$5 < x \leq 10$	$x \leq 5$
MEDIUM	$10 < x \leq 15$	$5 < x \leq 10$	$x \leq 5$	$x \leq 5$
SMALL	$5 < x \leq 10$	$x \leq 5$	$x \leq 5$	$x \leq 5$

RIPB assessment approach

- Utilizamos este sistema para determinar el nivel de servicio evaluado (**APL**) para edificios existentes
 - Para un edificio nuevo con un nivel de servicio “Moderado”, el límite tolerable de impacto es de “2” para S, NS, O, ED y HM

DPL	S	NS	O	ED	HM
Severe Impact	4	4	4	4	4
High Impact	3	3	3	3	3
Moderate Impact	2	2	2	2	2
Mild Impact	1	1	1	1	1

RIPB assessment approach

- Utilizamos este sistema para determinar el nivel de servicio evaluado (**APL**) para edificios existentes
 - Para un edificio existente, los niveles de servicio evaluados (APLs) pueden variar

APL	S	NS	O	ED	HM
Severe Impact	4	4	4	4	4
High Impact	3	3	3	3	3
Moderate Impact	2	2	2	2	2
Mild Impact	1	1	1	1	1

RIPB assessment approach

- Sumando los límites tolerables de impacto (TLIs) se puede comparar el servicio con el de un edificio nuevo

APL FOR TARGET BUILDING IN PG II		
MDE	SEISMIC ASSESSMENT	TARGET DPL
VERY LARGE		$15 < x$
LARGE		$10 < x \leq 15$
MEDIUM	13	$5 < x \leq 10$
SMALL		$x \leq 5$

RIPB assessment approach

- Sumando los límites tolerables de impacto (**TLIs**) se puede comparar el servicio con el de un edificio nuevo

	APLs FOR TARGET BUILDING IN DESIGNATED PERFORMANCE GROUP				TARGET DPL
MDE	SEISMIC ASSESSMENT	WIND ASSESSMENT	FLOOD ASSESSMENT	FIRE ASSESSMENT	PG II
VERY LARGE	20	12	12	20	$15 < x$
LARGE	16	15	14	16	$10 < x \leq 15$
MEDIUM	13	8	8	11	$5 < x \leq 10$
SMALL	5	5	4	6	$x \leq 5$

RIPB assessment approach

- Se pueden incorporar factores para ajustar el nivel de intervención deseado/requerido en un edificio existente
- Los diferentes **niveles de intervención** (LOC) pueden depender del área afectada (A), el impacto sobre los elementos o sistemas (S) o el coste (C). $LOC = f \{A, S, C\}$

Addition	Significant works, totally new construction areas, all new systems in addition and changes to existing, significant cost impact.
Reconstruction	Extensive works, generally whole floors / several floors, major changes to systems, high cost impact.
Modification	Moderately extensive works, generally to a major portion of a floor or area on a floor or level, major changes to systems, moderate cost impact.
Repair	Relatively minor works, generally small areas, minor changes to systems, lowest cost impact.

Niveles de intervención		
LOC	LOC (España)	LOC factor
Addition	Ampliación	1,0
Reconstruction	Rehabilitación	0,8
Modification	Modificación	0,6
Repair	Reforma	0,4

RIPB assessment approach

- Niveles de servicio evaluados para edificios existentes (APLs)-
Ampliación

	APLs FOR TARGET BUILDING IN DESIGNATED PERFORMANCE GROUP				TARGET DPL
MDE	SEISMIC ASSESSMENT	WIND ASSESSMENT	FLOOD ASSESSMENT	FIRE ASSESSMENT	PG II
VERY LARGE	20	12	12	20	$15 < x$
LARGE	16	15	14	16	$10 < x \leq 15$
MEDIUM	13	8	8	11	$5 < x \leq 10$
SMALL	5	5	4	6	$x \leq 5$

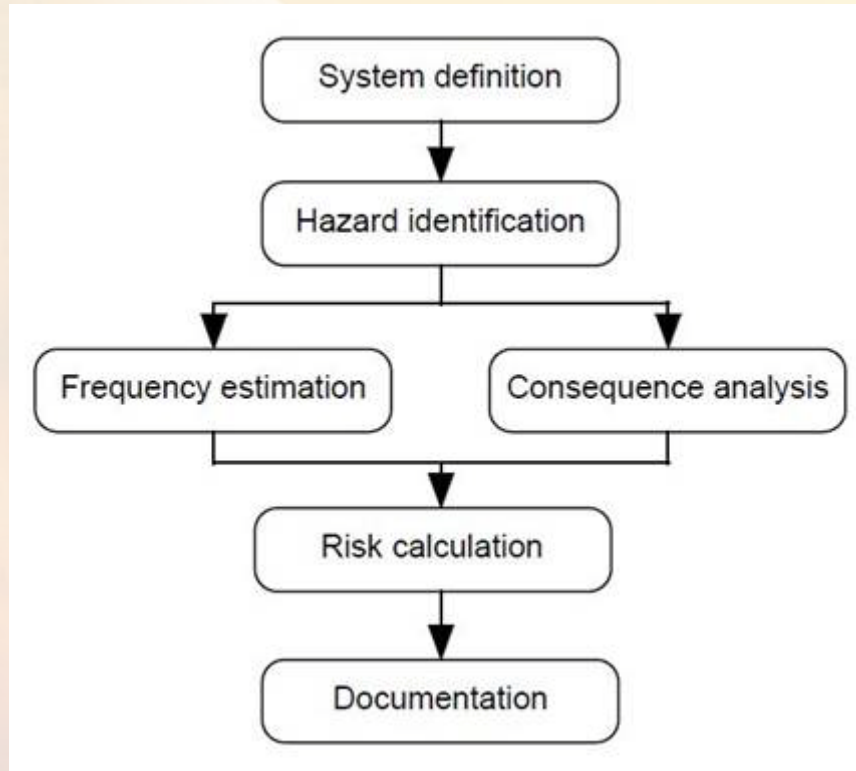
RIPB assessment approach

- Niveles de servicio evaluados para edificios existentes (APLs)-
Reforma

	APLs FOR TARGET BUILDING IN DESIGNATED PERFORMANCE GROUP				TARGET DPL
MDE	SEISMIC ASSESSMENT	WIND ASSESSMENT	FLOOD ASSESSMENT	FIRE ASSESSMENT	PG II
VERY LARGE	8	4.8	4.8	8	$15 < x$
LARGE	6.4	6	5.6	6.4	$10 < x \leq 15$
MEDIUM	5.2	3.2	3.2	4.4	$5 < x \leq 10$
SMALL	2	2	1.6	2.4	$x \leq 5$

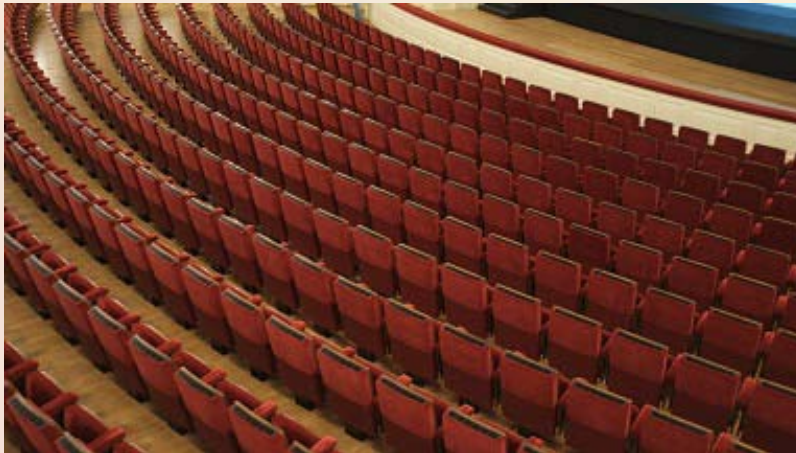
Quantitative Risk Analysis

- Adicionalmente, en algunos casos: Análisis cuantitativo de Riesgo (QRA), determinando las consecuencias para cada escenario



Casos particulares / Particular cases

- Análisis complementarios:
 - Análisis de evacuación para determinar ocupaciones máximas
 - Control de flujos de evacuación



Conclusiones/Conclusions

Conclusiones:

- Los edificios existentes jugarán un importante papel desde el punto de vista de la sostenibilidad
- Los edificios existentes no están bien regulados en muchos países
- Un procedimiento para evaluar inicialmente los edificios existentes, basado en la matriz del ICCPC :
 - Permite abordar diferentes niveles de servicio
 - Permite evaluar el riesgo para la los Sistemas Estructural y No Estructural, la Ocupación, el Contenido y la afección al Entorno
 - Permite incluir diferentes grados de intervención, implícitamente un componente económico
 - Puede constituir una base para evaluaciones comparativas
- Adicionalmente, Análisis Cuantitativo de Riesgo, Análisis flujos de evacuación, etc.

Gracias por su atención
Thanks for your attention



Juan B. Echeverría
Universidad de Navarra
jbecheverria@unav.es

Agradecimientos: Prof. B. MEACHAM (WPI)

Organizadores / Organizers



FUNDACIÓN **MAPFRE**

Madrid, 20 – 22 de Febrero de 2013
Centro de Convenciones Mapfre