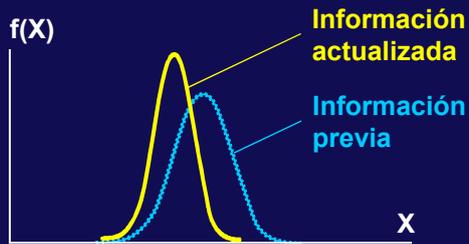




SEMINARIO 9. Intervención en edificios existentes. Criterios de seguridad y habitabilidad
Madrid. 23-05-2012

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS

Peter Tanner. Carlos Lara



Lifelong Learning Programme



Evaluación ¿por qué?

ANOMALÍAS OBSERVADAS EN UNA INSPECCIÓN



“Tiene mala pinta”



Evaluación

Evaluación ¿por qué?

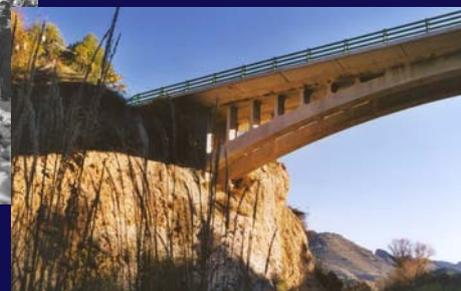
FIN DEL PERIODO DE USO PREVISTO



Evaluación

Evaluación ¿por qué?

CAMBIO DE USO



Evaluación

Evaluación ¿por qué?

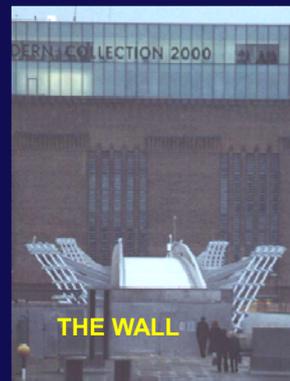
ERRORES DE EJECUCIÓN



Evaluación

Evaluación ¿por qué?

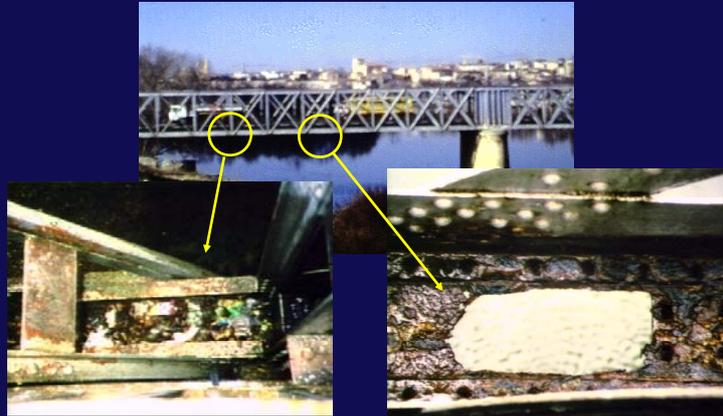
COMPORTAMIENTO NO SATISFACTORIO EN SERVICIO



Evaluación

Evaluación ¿por qué?

DAÑOS VISIBLES



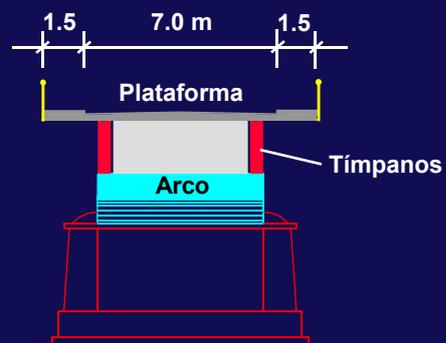
Evaluación

Evaluación ¿por qué?

INCIDENTES Socavación



+ Cambio de uso
+ Ensanche plataforma

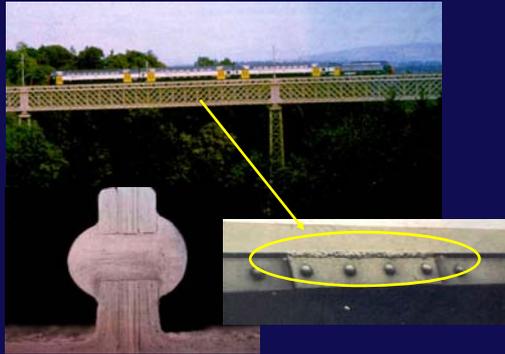


Evaluación

Evaluación ¿por qué?

NUEVOS CONOCIMIENTOS

Refuerzos soldados:
Fragilización



Entrada en vigor de
una nueva normativa



Evaluación

Dudas

CUESTIONES FUNDAMENTALES

- ¿ Cual es la fiabilidad ?
- ¿ Es suficiente esta fiabilidad ?
- ¿ Cómo se llega a una decisión ?
- ¿ Quién decide ?
- ¿ Cómo se defiende la decisión ?



ADOPCIÓN DE DECISIONES

- Tarea fundamental del ingeniero
- En relación con estructuras existentes:
¿Tiene la estructura una fiabilidad adecuada para las condiciones de uso actuales y futuras?
- Decisiones equivocadas pueden tener consecuencias importantes:

No hacer nada



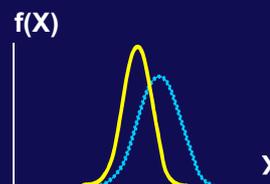
Sobre – reacción



S5E

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS

- Motivación
- Evaluación vs. dimensionado
- Fiabilidad estructural
- Evaluación cuantitativa
- Propuesta de normalización
- Observaciones finales



Evaluación vs. dimensionado

Estructuras	Existentes	Nuevas
		
Información disponible	Características "determinables"	Características supuestas
Fiabilidad depende de	Info. disponible; Conocimientos	Variables según normas
Fiabilidad	→ subjetiva	→ +/-objetiva

→ Diferencia fundamental reside en el **estado de la información**

Subjetividad de la información

EJEMPLO

– Probeta de hormigón de una estructura existente

– Grupo de expertos debe estimar su resistencia **antes** del ensayo

– Interrogatorio

¿ Quién cree que $\sigma_{ci} \leq 10N/mm^2$?

¿ Quién cree que $\sigma_{ci} \leq 15N/mm^2$?

¿ Quién cree que $\sigma_{ci} \leq 20N/mm^2$?

¿ Quién cree que $\sigma_{ci} \leq 25N/mm^2$?

¿ Quién cree que $\sigma_{ci} \leq 30N/mm^2$? → 1 Experto (Pesimista)

¿ Quién cree que $\sigma_{ci} \leq 35N/mm^2$? → 3 Expertos

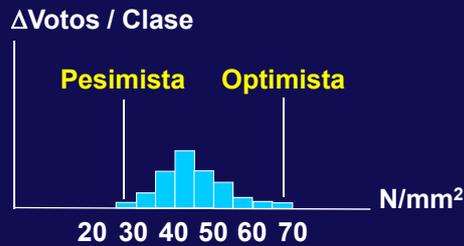
...

¿ Quién cree que $\sigma_{ci} \leq 65N/mm^2$? → 1 Experto (Optimista)



EJEMPLO

– Representación de los resultados: Histograma



– Resultados reflejan la opinión de los expertos, NO la resistencia

– ¿Cómo cambiaría la opinión en función de información previa?
e.g. $\sigma_{c1} = 50 \text{ N/mm}^2$ para 1ª probeta

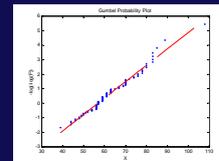


TIPOS DE INFORMACIÓN

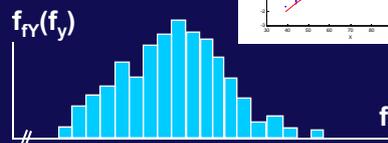
– Información objetiva

- Establecida en mediciones / ensayos
- Libre de interpretación
- Reproducible

Velocidad Viento



Resistencia Acero



– Información subjetiva

- Estimaciones de expertos
- Información objetiva → Evaluación → Información subjetiva



Recordatorio



Estructuras

Existentes

Nuevas

Información disponible

Características "determinables"

Características supuestas

Fiabilidad depende de

Info. disponible; Conocimientos

Variables según normas

Fiabilidad

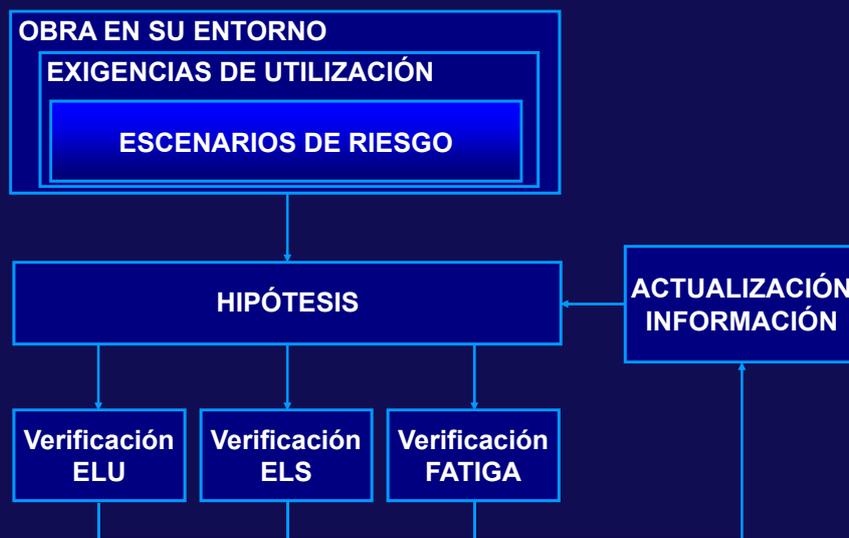
→ subjetiva

→ +/-objetiva

- Diferencia fundamental: estado de la información
- Evaluación por fases

Evaluación por fases

ANALIZAR MÁS PARA INTERVENIR MENOS

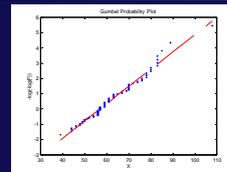


ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN

– Acciones

- Permanentes: determinación directa
- Climáticas: Q_k en función del periodo de uso

Periodo de uso	Periodo de retorno para Q_k
< 3 días	2 años
< 3 meses	5 años
< 1 año	10 años
> 1 año	50 años



- Variables de uso: en función del uso



ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN

– Resistencia

- Materiales: ensayos representativos
- Dimensiones secciones: mediciones
- Mecanismos de deterioro: mediciones



– Comportamiento estructural

- Deformaciones: mediciones
- Tensiones: mediciones



→ Calidad del análisis no puede ser mejor que la calidad de la información

ANALIZAR MÁS PARA INTERVENIR MENOS

Lógico, pero ...

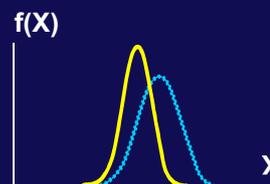
Dos accidentes para convencer de la necesidad de realizar sondeos



S5E

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS

- Motivación
- Evaluación vs. dimensionado
- **Fiabilidad estructural**
- Evaluación cuantitativa
- Propuesta de normalización
- Observaciones finales



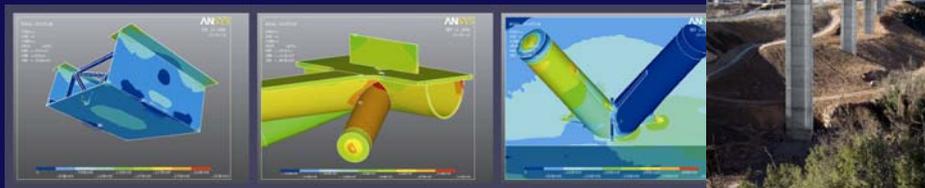
ALEATORIEDAD DE VARIABLES BÁSICAS

- Variables que intervienen en análisis son aleatorias
→ no se pueden fijar de manera determinista
- Ejemplo: variabilidad del límite elástico del acero
 - Muestra de n resultados experimentales → estadística
 - Probabilidad de que variable X sea inferior / igual a determinado valor, x → Función de Distribución: $F_X(x)$
 - Intensidad de probabilidad corresp. a valor x → FDP: $f_X(x)$



FUENTES DE INCERTIDUMBRE RELEVANTES

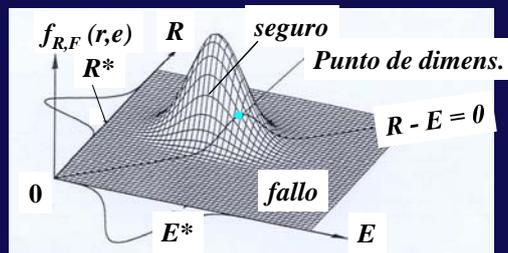
- Variabilidad natural (por ejemplo: límite elástico)
- Errores de estimación debidos a datos estadísticos incompletos
- Imperfecciones de los modelos
 - Falta de conocimientos sobre ciertos fenómenos
 - Modelos simplificados



- Errores humanos

CONSECUENCIAS DE LAS INCERTIDUMBRES

- Parámetros que intervienen en un análisis estructural son **variables** en el espacio y el tiempo
- Seguridad estructural **no es determinista**
- Seguridad se mide en términos de **fiabilidad**
- Fiabilidad se determina mediante **métodos probabilistas** teniendo en cuenta incertidumbres



EL PROBLEMA $G = R - E$

- Seguridad estructural expresada en términos de variables básicas a través de la Función de EL
- Seguridad se define mediante el requisito

$$G = R - E \geq 0$$

- Probabilidad de fallo

$$P_f = P[E > R] = \sum P[E = x] \cdot P[R < x]$$

Probabilidad de que

$$E = x \text{ y } R < x$$

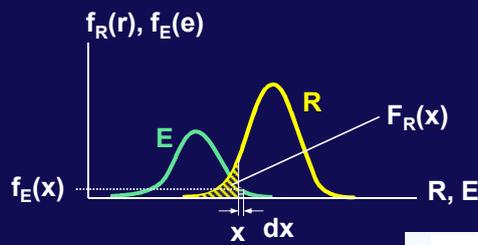
para todos los posibles

$$E(x \in E)$$



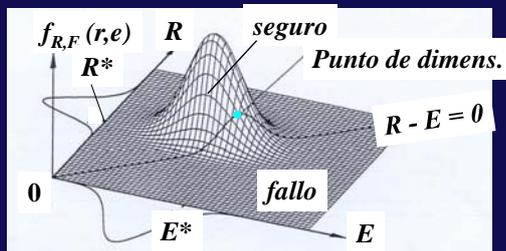
EL PROBLEMA $G = R - E$

- Para distribuciones de probabilidad continuas de R y E :



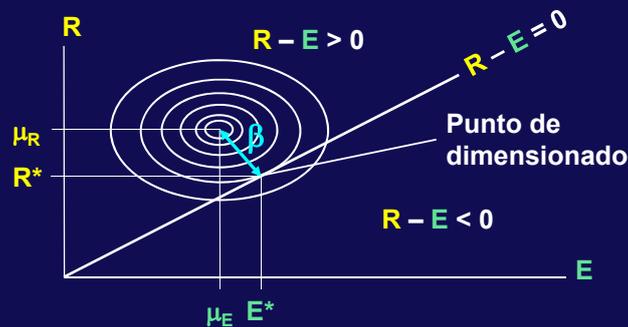
$$P_f = \int_{-\infty}^{\infty} f_E(x) \cdot F_R(x) dx$$

- Objetivo: calcular volumen de zona de fallo para densidad de probabilidad de $G = R - E$



EL PROBLEMA $G = R - E$

- Índice de fiabilidad β



$$\beta = \frac{\mu_R - \mu_E}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}} \rightarrow P_f = \Phi(-\beta)$$

VERIFICACIONES

- Casos generales: evaluación de integrales que expresan P_f , utilizando técnicas FORM / SORM o de simulación

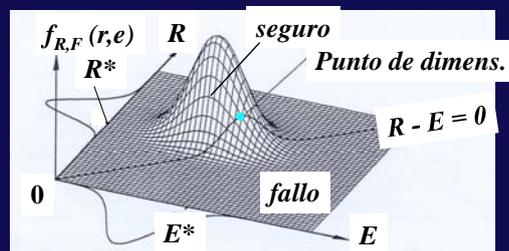
$$P_f = P\{g(X_1, X_2, \dots, X_n) < 0\}$$

- Estructura segura si

$$P_f \leq P_{f,adm}$$

$$\beta \geq \beta_{req}$$

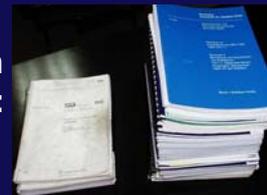
Análisis de riesgo
→ Seminario 13



RAZÓN DE SER DE LOS MÉTODOS PROBABILISTAS IMPLÍCITOS

- Métodos probabilistas son poco adecuados para la práctica diaria
- Falta de información para caracterizar estadísticamente las variables
- Aplicación de métodos probabilistas resulta laboriosa
- Presiones: plazos, presupuesto

→ Normas estructurales basadas en método de coeficientes parciales: método probabilista implícito



Representación mediante el método de los coeficientes parciales

FORMATO DE VERIFICACIÓN DEL PROBLEMA $G = R - E$

– Valores de cálculo de las variables

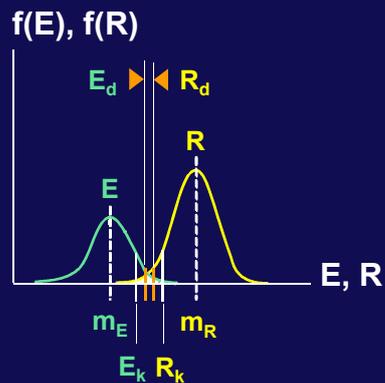
$$E_d = \gamma_E \cdot E_k$$

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R}$$

– Estructura segura si

$$E_d \leq R_d$$

$$\gamma_E \cdot E_k \leq \frac{R_k}{\gamma_R}$$



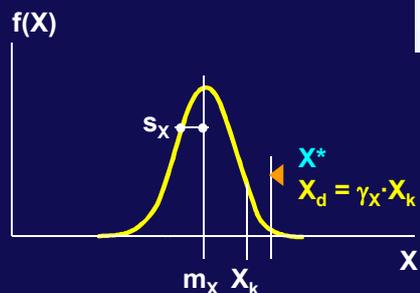
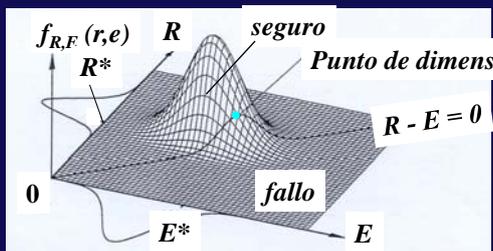
Representación mediante el método de los coeficientes parciales

RELACIÓN ENTRE ENFOQUES IMPLÍCITO Y EXPLÍCITO

– Vínculo entre los métodos: **punto de dimensionado**

$$X_d = \gamma_X \cdot X_k = X^*$$

▼
▼
implícito **explícito**



- X^* valor de la variable básica en el punto de dimensionado
- X_k valor característico de X
- γ_X coeficiente parcial

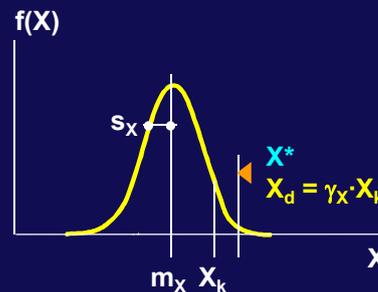
Representación mediante el método de los coeficientes parciales

RELACIÓN ENTRE ENFOQUES IMPLÍCITO Y EXPLÍCITO

- Punto de dimensionado es el punto de fallo más probable
- Valor de la variable X_i en este punto depende de
 - Función de distribución
 - Parámetros de la variable X_i
 - Índice de fiabilidad β
 - Factor de sensibilidad α_i

Ejemplos

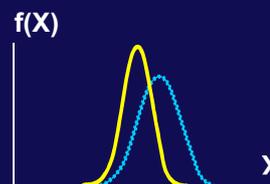
- Distribución N
 $x_i^* = \mu_i (1 - \alpha_i \cdot \beta \cdot V_i)$
- Distribución LN
 $x_i^* \approx \mu_i \cdot \exp(-\alpha_i \cdot \beta \cdot V_i)$



S5E

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS

- Motivación
- Evaluación vs. dimensionado
- Fiabilidad estructural
- Evaluación cuantitativa
- Propuesta de normalización
- Observaciones finales



Lifelong Learning Programme



OBRA CON CAMBIO DE USO

Edificio de viviendas

$$q_{\text{nom}} = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Edificio de oficinas

$$q_{\text{nom}} = 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Normativa original

$$P_{f,\text{adm,original}}$$



Normativa actual

$$P_{f,\text{adm,actual}} \neq P_{f,\text{adm,original}}$$

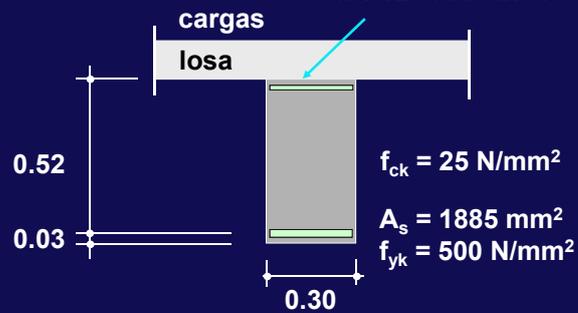
Evaluación

VIGA DE FORJADO



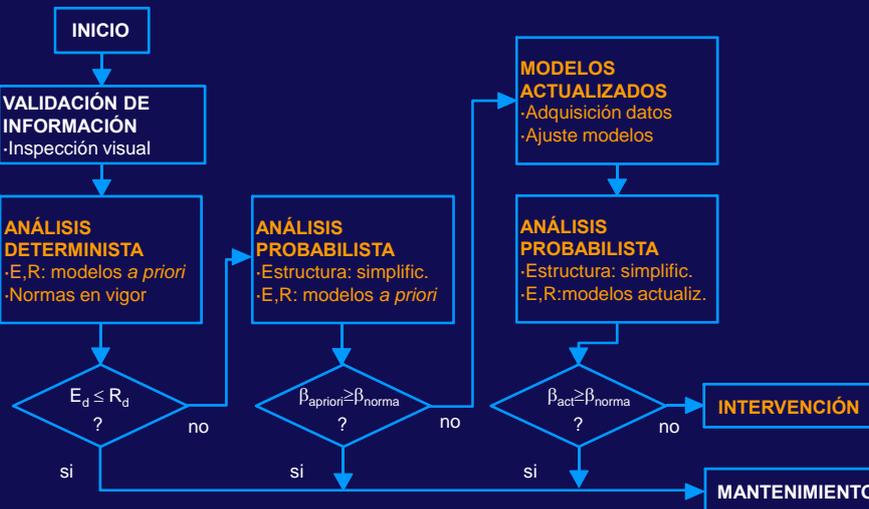
sobrecarga $q_{\text{nom}} = 15.0 \text{ kN/m}$
 cargas perman. $g_{p,\text{nom}} = 5.0 \text{ kN/m}$
 peso propio losa $g_{fl,\text{nom}} = 15.0 \text{ kN/m}$
 peso propio viga $g_{c,\text{nom}} = 4.1 \text{ kN/m}$

sin conexión de esfuerzos rasantes

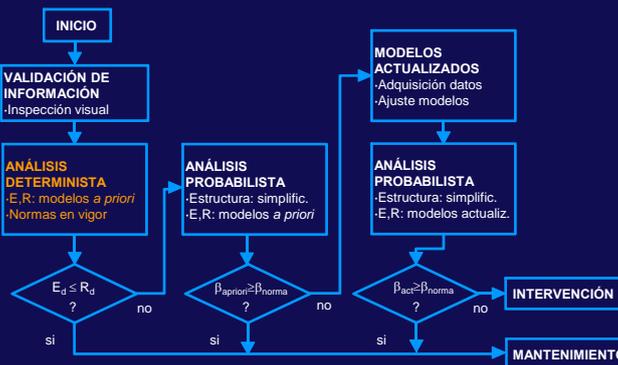


A - A

Procedimiento por fases



Análisis determinista



Efectos de las acciones

- Edificio de oficinas
- Geometría validada
- G , Q , γ_E según EN

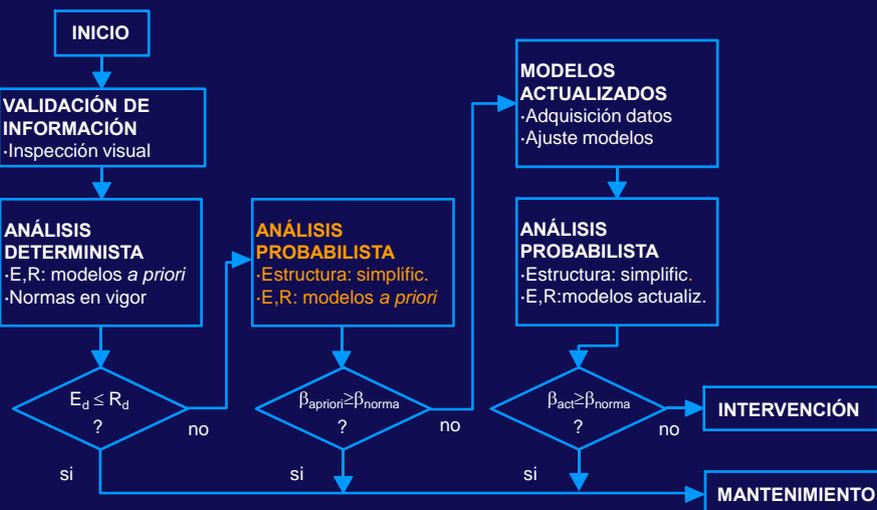
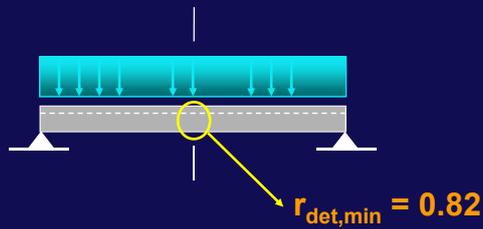
Resistencia

- Geometría validada
- $f_{c,nom}$, $f_{y,nom}$ disponibles
- γ_R según EN

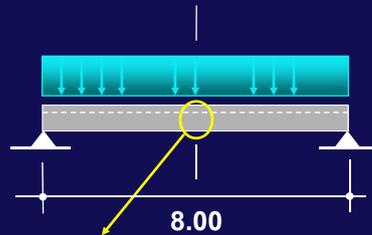
MECANISMO DE ROTURA CRÍTICO

$$E_d \leq R_d \quad \text{con} \quad E_d = \gamma_E \cdot E_{nom} \quad \text{y} \quad R_d = \frac{R_{nom}}{\gamma_R}$$

$$\rightarrow \quad r_{det} = \frac{R_d}{E_d} \quad \rightarrow \quad \begin{matrix} \geq 1 & \text{fiabilidad verificada} \\ < 1 & \text{fiabilidad sin verificar} \end{matrix}$$



FUNCIÓN DE ESTADO LÍMITE

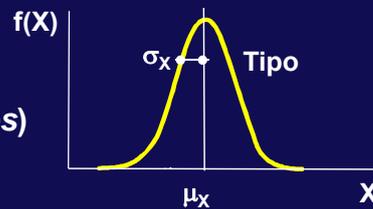


sobrecarga q
 cargas perman. g_p
 peso propio losa g_{fl}
 peso propio viga g_c

$$\xi_{R,M} \cdot \left(A_s \cdot f_y \cdot d - 0,5 \cdot \frac{(A_s \cdot f_y)^2}{b \cdot \eta_c \cdot f_c} \right) - \xi_{E,M} \cdot (M_c + M_{fl} + M_p + M_q) = 0$$

Variables caracterizadas por:

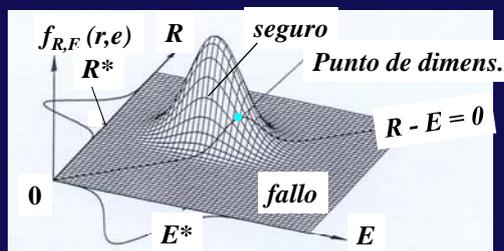
Tipo; μ_x ; σ_x (modelos *apriorísticos*)



ANÁLISIS DE FIABILIDAD

– Índice de fiabilidad con modelos *apriorísticos*

$$\rightarrow \beta_{apriori} = 3.51$$



- ¿Admisible?
- Problema: comparación del índice de fiabilidad con valor admisible **absoluto** resulta imposible

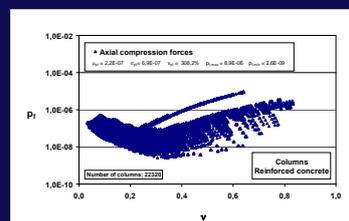
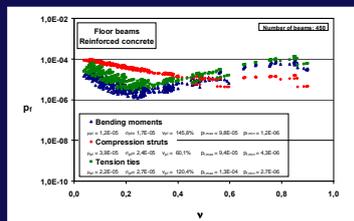
PROBABILIDAD DE FALLO ADMISIBLE

- Dimensionado estricto de 23010 elementos de HA



- Por definición, p_f asociadas son admisibles

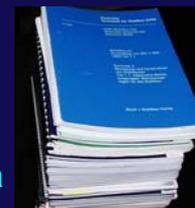
→ $p_{f,max} \cong 61500$ → ¿Qué es admisible? → Axioma
 $p_{f,min}$



BASE Y PROCESO DE VERIFICACIÓN

- Axioma

Aplicación correcta de la normativa en vigor conduce a una estructura **fiable en el marco de esta normativa**



- Cuatro pasos para la verificación

- Dimensionado estricto según normativa en vigor:

$$R_d = E_d$$

- Índice de fiabilidad β_{norma} (= β_{req})

- Índice de fiabilidad $\beta_{apriori}$ de la estructura actual

- Verificación

$$\beta_{apriori} \geq \beta_{norma}$$

Análisis probabilista con modelos *a priori*

RESULTADOS

- Fiabilidad no queda verificada

$$\beta_{\text{apriori}} = 3.51 \neq \beta_{\text{norma}} = 4.05$$

- Índice β relacionado con el punto de fallo más probable (punto de dimensionado)

$$X^* = \mu_X - \alpha_X^* \cdot \beta \cdot \sigma_X$$

- Factores de sensibilidad dominantes

- Canto útil de la sección
- Efectos de la sobrecarga
- Comparación: hormigón

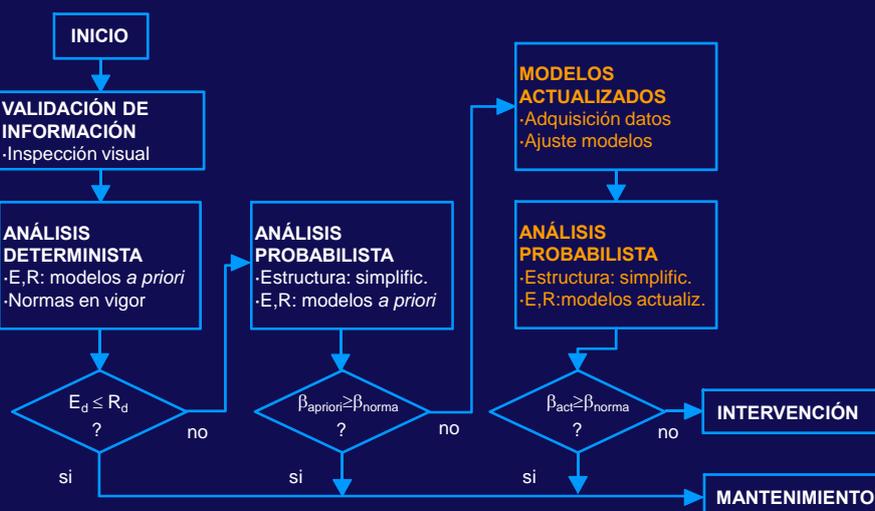
$$\alpha_{d}^* = 0.712$$

$$\alpha_{M_q}^* = -0.587$$

$$\alpha_{f_c}^* = 0.084$$

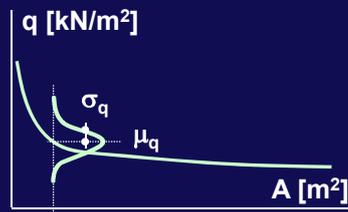
→ Actualización para **d** y **q**

Análisis probabilista con modelos actualizados



ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN

- Definición de un programa de ensayos y mediciones
 - Selección de los parámetros a actualizar
 - Selección de probetas
 - Condiciones de ensayos
 - Número de ensayos
 - Método de evaluación
- Ejemplo: actualización para
 - Canto útil de la sección, **d**
 - Sobrecarga, **q**



PASOS NECESARIOS Y RESULTADOS

- Axioma: aplicación correcta de la normativa en vigor conduce a una estructura fiable
- Pasos para la verificación
 - Dimensionado según normativa en vigor: $R_d = E_d$
 - Índice de fiabilidad $\beta_{norma} = 4.05$
 - Índice de fiabilidad de la estructura existente usando modelos actualizados $\beta_{act} = 5.16$
- Fiabilidad queda verificada

$$r_{prob} = \frac{\beta_{act}}{\beta_{norma}} = \frac{5.16}{4.05} = 1.27 > 1 \quad (r_{det} = 0.82)$$

CONCLUSIONES

- Transformación viviendas → oficinas sin intervención en la estructura
- Coste evaluación << reducción del coste de la intervención
- En caso de que fiabilidad no quede verificada → procedimiento por fases contribuye a priorizar intervención
- Práctica diaria: ~~análisis probabilista~~
- Método de los coeficientes parciales para verificación

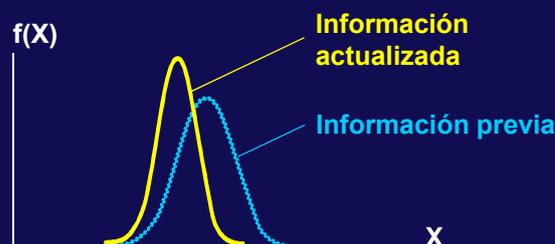
$$\gamma_{E,act} \cdot E_{nom,act} \leq \frac{R_{nom,act}}{\gamma_{R,act}}$$



Método de los coeficientes parciales con modelos actualizados

INFLUENCIA DE LA ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN EN UN ANÁLISIS PROBABILISTA

- Función de Densidad de Probabilidad actualizada de la variable **X**



- **FDP** actualizada se introduce directamente en los cálculos probabilistas → $P_{f,act}$
- Verificación $P_{f,act} \leq P_{f,adm}$ ← Análisis de riesgo → Seminario 13

Método de los coeficientes parciales con modelos actualizados

INFLUENCIA DE LA ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN EN UN ANÁLISIS CON COEFICIENTES PARCIALES

- Valor nominal actualizado de la variable X



- Valor actualizado del coeficiente parcial $\gamma_{X,act}$
 → No se puede deducir directamente con métodos deterministas

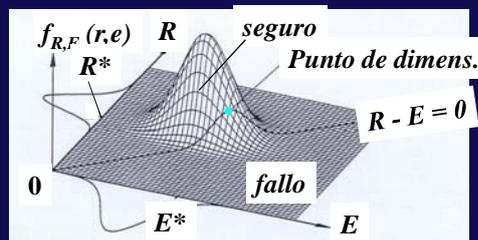
Método de los coeficientes parciales con modelos actualizados

ACTUALIZACIÓN DE LOS COEFICIENTES PARCIALES

- Vínculo entre el método probabilista y el método de los coeficientes parciales: punto de dimensionado

$$\gamma_{X,act} \cdot X_{nom,act} = X^*(P_{f,adm})$$

↑ ↑
 determinista, $X_{d,act}$ probabilista



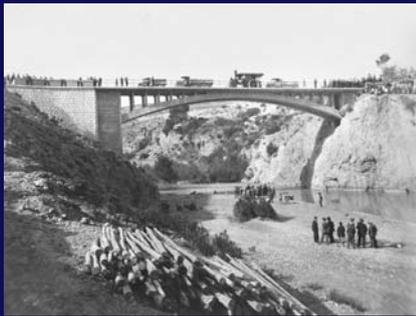
- $X^*(P_{f,adm})$ valor de X en punto de dimensionado para $P_{f,adm}$
- $X_{nom,act}$ valor nominal act. de X
- $\gamma_{X,act}$ coeficiente parcial act.

Método de los coeficientes parciales con modelos actualizados

APLICACIÓN

– Estructura fiable, si

$$\gamma_{E,act} \cdot E_{nom,act} \leq \frac{R_{nom,act}}{\gamma_{R,act}}$$



Método de los coeficientes parciales con modelos actualizados

EJEMPLO



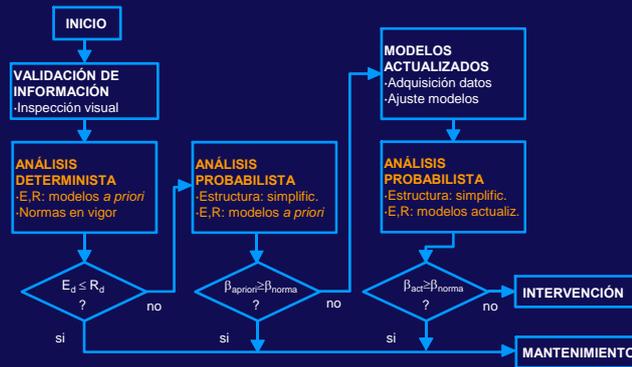
	Efectos de las acciones				Resistencia	
	Viga γ_{Gc}	Losa γ_{Gfl}	Perman. γ_{Gp}	Sobrec. γ_Q	Armad. γ_s	Hormig. γ_c
$\gamma_{X,act}$	1.10	1.11	1.05	1.17	1.125	1.00
$\gamma_{X,EN}$	1.35	1.35	1.35	1.50	1.15	1.50

ACTUALIZACIÓN DEL ÍNDICE DETERMINISTA

$$r_{det,act} = \frac{R_{nom,act}}{\gamma_{E,act} \cdot E_{nom,act}} = \frac{\gamma_{R,act}}{\gamma_{E,act} \cdot E_{nom,act}} = 1.14 > 1.0$$

RESUMEN DE LOS RESULTADOS

– Beneficios potenciales de una evaluación por fases



$$r_{det} = 0.82$$

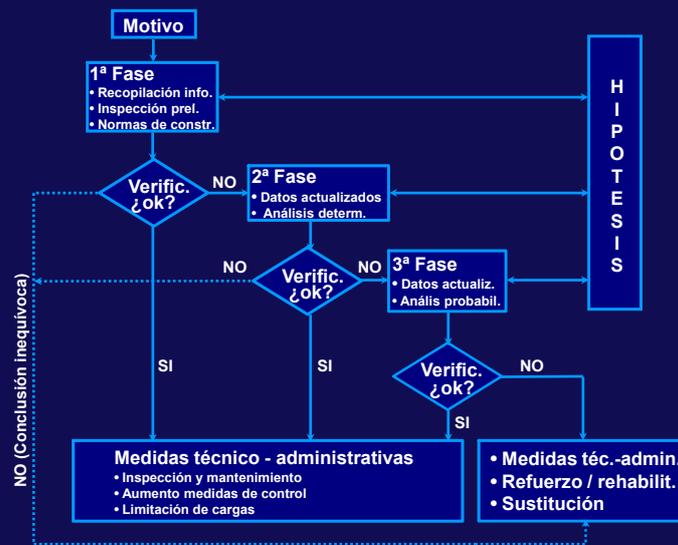
$$r_{prob} = 0.87$$

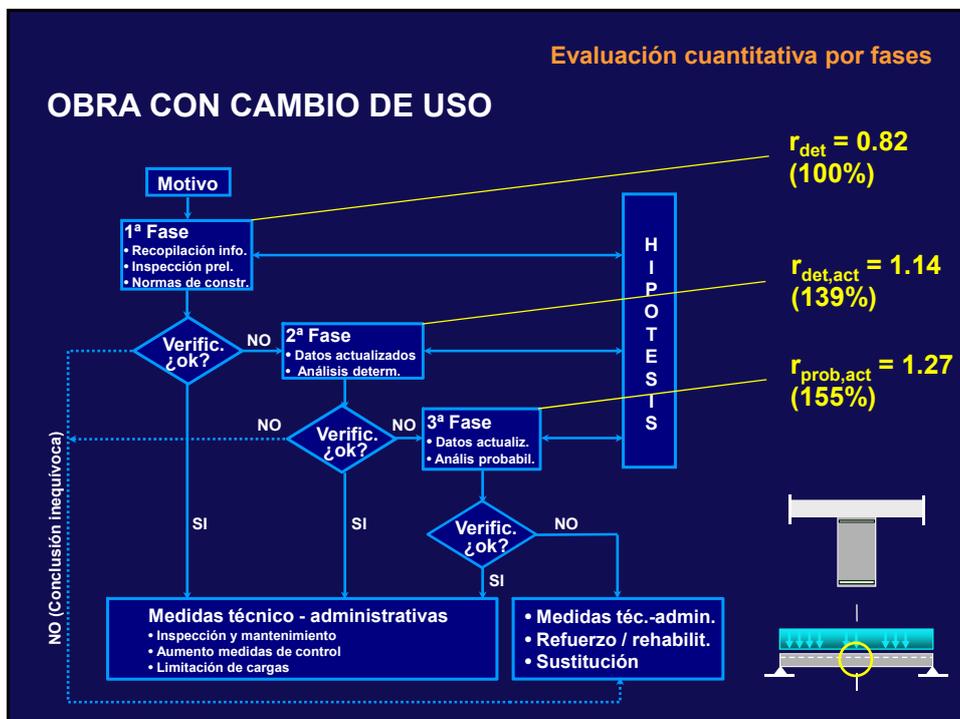
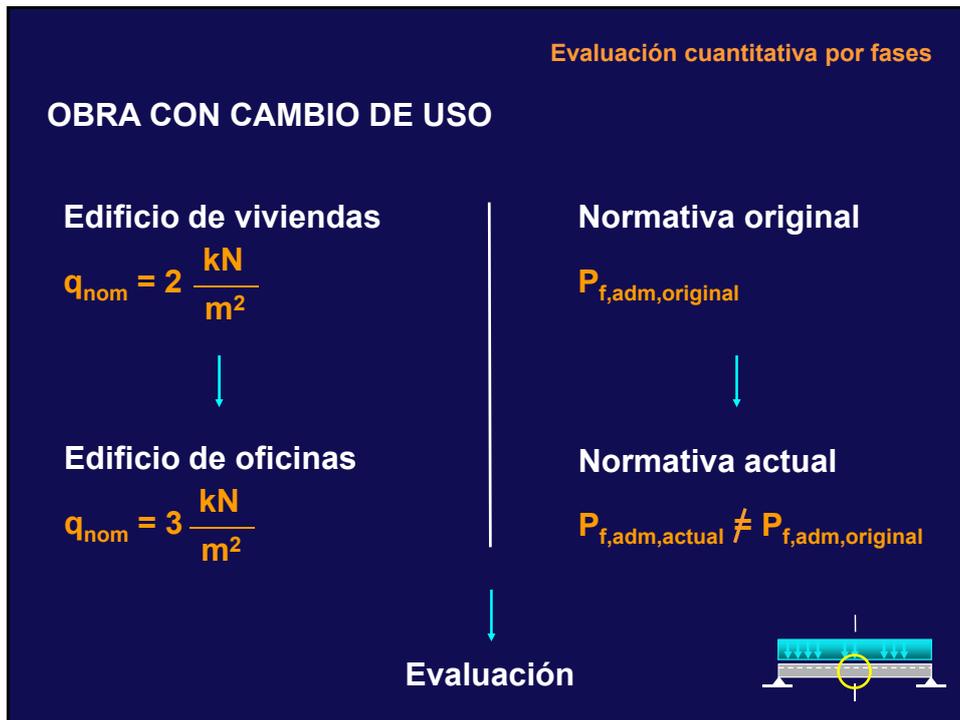
$$r_{det,act} = 1.14$$

$$r_{prob,act} = 1.27$$

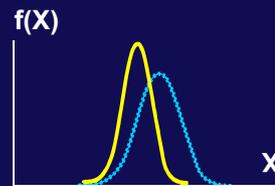
Evaluación cuantitativa por fases

PROCEDIMIENTO PRÁCTICO





- Motivación
- Evaluación vs. dimensionado
- Fiabilidad estructural
- Evaluación cuantitativa
- **Propuesta de normalización**
- Observaciones finales

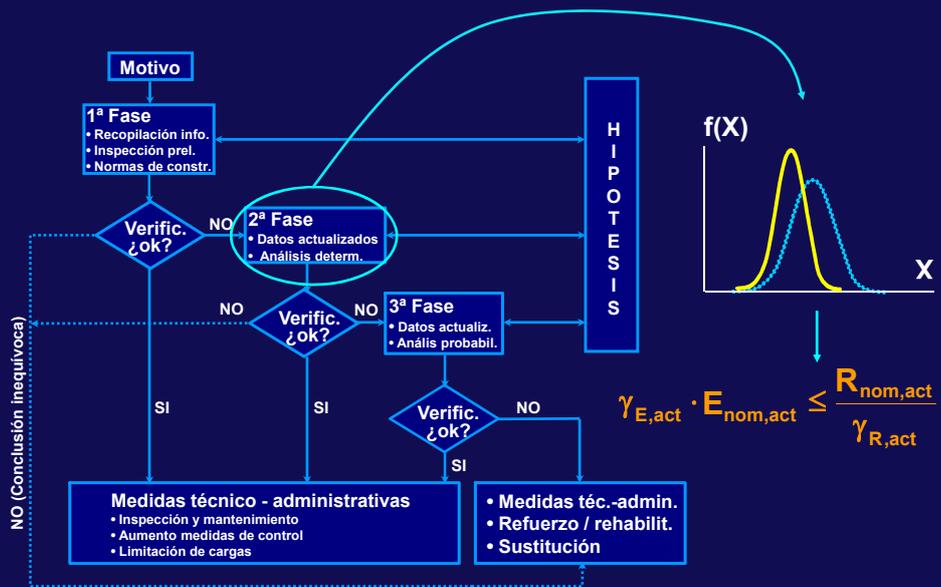


Lifelong Learning Programme



Evaluación con el método de los coeficientes parciales actualizados

SITUACIÓN



Evaluación con el método de los coeficientes parciales actualizados

INFORMACIÓN DISPONIBLE

- Formato de coeficientes parciales para evaluación

$$E_{d,act} = \gamma_{Sd,act} \cdot E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{g,j,act} \cdot G_{k,j,act} + \gamma_{q,1,act} \cdot Q_{k,1,act} + \dots \right\}$$

$$R_{d,act} = \frac{1}{\gamma_{Rd,act}} \cdot \left\{ \eta_i \cdot \frac{X_{k,i,act}}{\gamma_{m,i,act}} ; a_{d,act} \right\}$$

- Coeficientes parciales tienen en cuenta las incertidumbres asociadas con

- $\gamma_{f,i}$ Variación estadística del valor de la acción
- γ_{Sd} Modelos para determinar las acciones y sus efectos
- $\gamma_{m,i}$ Variación estadística de las propiedades del material
Parte aleatoria del factor de conversión de la propiedad
- γ_{Rd} Modelo de resistencia y dimensiones geométricas

Evaluación con el método de los coeficientes parciales actualizados

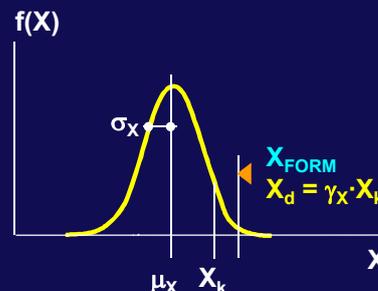
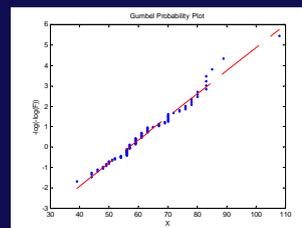
INFORMACIÓN DISPONIBLE

- Modelos probabilistas *a priori*

- Requisitos que cumplen

- Representación de realidad física
- Consistencia con JCSS
- Representación del estado de incertidumbre asociado a las reglas de las normas
- Aptitud para aplicaciones prácticas

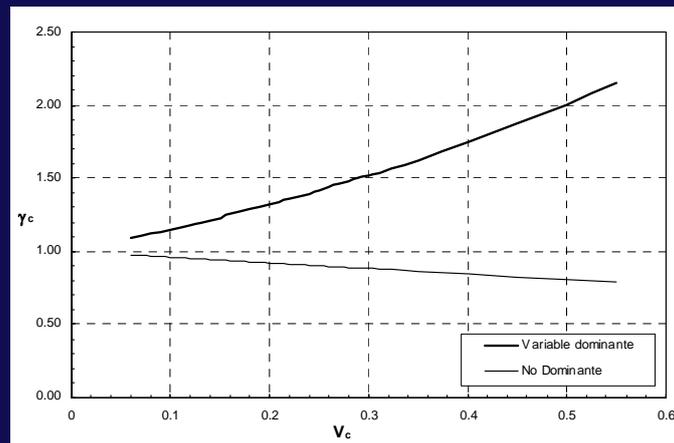
$$X_i = \text{Tipo}(\mu_{X_i}; \sigma_{X_i})$$



Evaluación con el método de los coeficientes parciales actualizados

INFORMACIÓN DISPONIBLE

- Coeficientes parciales actualizados
- Ejemplo: resistencia del hormigón



Evaluación con el método de los coeficientes parciales actualizados

HIPÓTESIS

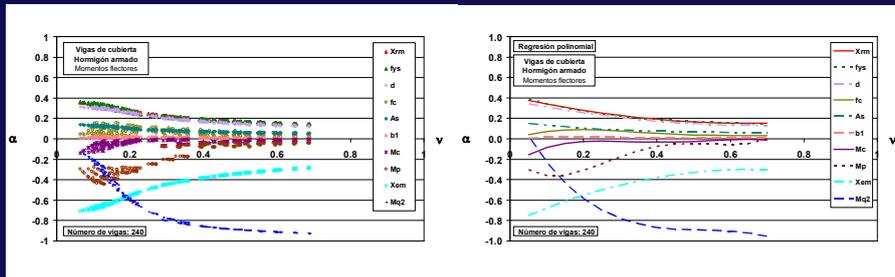
- Fiabilidad de estructura existente debe evaluarse
- Evaluación con el método de los coeficientes parciales con modelos *apriorísticos* → no fiable
- Programa de adquisición de datos ha sido decidido, planificado y realizado
- ¿ Qué datos actualizar ?



Evaluación con el método de los coeficientes parciales actualizados

PLANIFICACIÓN DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS

- Factor α_i describe la sensibilidad de P_f (escenario; EL) con respecto a la variación de X_i
 - Ayuda para la planificación del programa de adquisición de datos
- Ejemplo: momentos en vigas de cubierta de HA



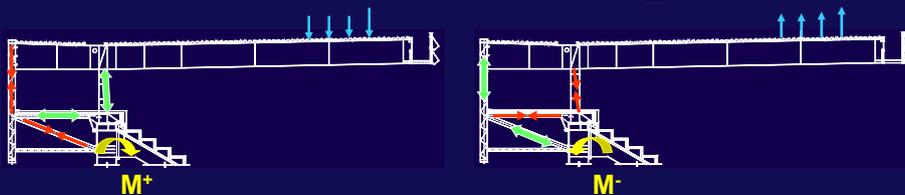
Evaluación con el método de los coeficientes parciales actualizados

HIPÓTESIS

- Muestra de n resultados para actualizar variable X

EJEMPLO

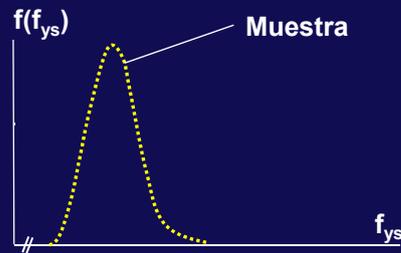
- Variable actualizada: límite elástico armadura, f_{ys}



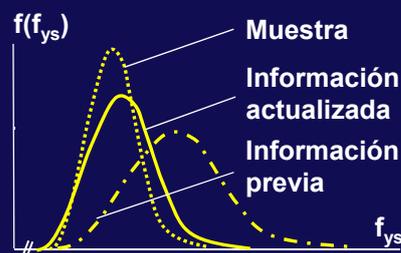
Evaluación con el método de los coeficientes parciales actualizados

PROCEDIMIENTO

1. Evaluación estadística de los resultados de la adquisición de datos
→ FDP: $f_X(x)$



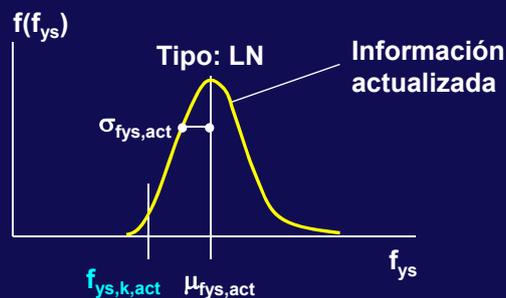
2. Combinación de los resultados de la muestra con la información previa (modelos probabilistas *apriorísticos*)



Evaluación con el método de los coeficientes parciales actualizados

PROCEDIMIENTO

3. Descripción de la Función de Distribución de Probabilidad actualizada por sus parámetros:
Tipo; $\mu_{X,act}$; $\sigma_{X,act}$; $X_{k,act}$



4. CoV de la función de las variables actualizadas cuyas incertidumbres se tienen en cuenta a través del coeficiente parcial a actualizar

Evaluación con el método de los coeficientes parciales actualizados

EJEMPLO

- Coeficiente parcial para la resistencia del acero tiene en cuenta
 - Incertidumbres relativas al límite elástico, f_{ys}
 - Incertidumbres relativas al área de la sección, A_s
- f_{ys} y A_s entran en la FEL como producto
 - Resistencia a tracción de la armadura $F_{ys} = f_{ys} \cdot A_s$
- Sólo f_{ys} ha sido actualizado
- CoV actualizado de la fuerza de tracción

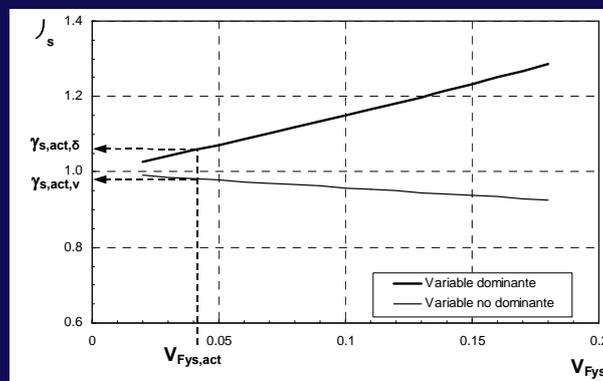
$$V_{F_{ys,act}} \cong \sqrt{V_{f_{ys,act}}^2 + V_{A_s}^2}$$
$$V_{f_{ys,act}} = \frac{\sigma_{f_{ys,act}}}{\mu_{f_{ys,act}}}$$

Valor apriorístico $V_{A_s} = 0.02$

Evaluación con el método de los coeficientes parciales actualizados

PROCEDIMIENTO

5. Determinación del coeficiente parcial actualizado, considerando la variable actualizada dominante o no dominante (desconocido *a priori*)

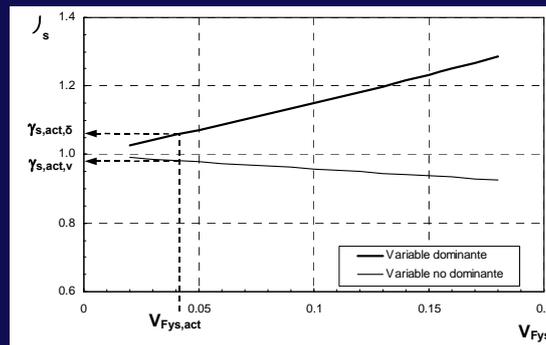


Evaluación con el método de los coeficientes parciales actualizados

PROCEDIMIENTO

6. Verificación de la seguridad con el método de los coeficientes parciales para evaluación: $\alpha_{ik,act}$; $\gamma_{Xi,act}$

Variable dominante desconocida *a priori*
 → Prueba y error



Evaluación con el método de los coeficientes parciales actualizados

EJEMPLO

- Elemento de HA: verificación resistencia a flexión
- Sólo f_{ys} ha sido actualizado
- Variable dominante: F_{ys}
- Verificación seguridad estructural: $M_{Ed,act} \leq M_{Rd,act}$

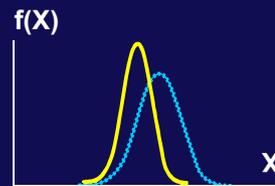
$$M_{Rd,act} = \frac{1}{\gamma_{Rd,M}} \left(\frac{A_s \cdot f_{ys,k,act}}{\gamma_{s,act,\delta}} \cdot d - 0.5 \left(\frac{A_s \cdot f_{ys,k,act}}{\gamma_{s,act,\delta}} \right)^2 \cdot \frac{\gamma_c}{\eta_c \cdot f_{ck}} \cdot \frac{1}{b} \right)$$



S5E

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS

- Motivación
- Evaluación vs. dimensionado
- Fiabilidad estructural
- Evaluación cuantitativa
- Propuesta de normalización
- **Observaciones finales**



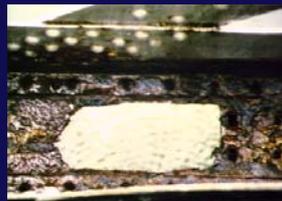
Lifelong Learning Programme



EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS

CONCLUSIONES

- Evaluación en comparación con dimensionado: cambio del **estado de la información**
- Evaluar más para intervenir menos: procedimiento por **fases**
- Coste evaluación \ll reducción del coste de la intervención
- **Beneficios** importantes



EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS

CONCLUSIONES

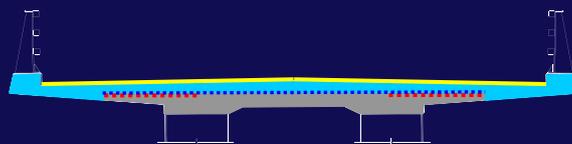
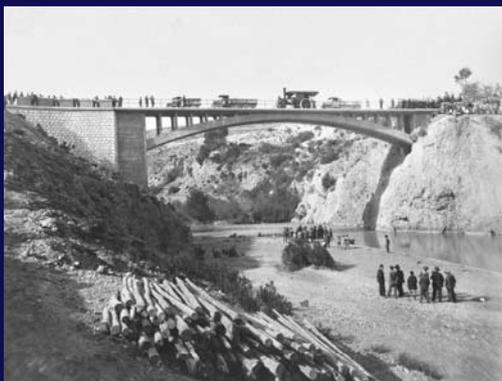
- Estimación influencia del cambio de información sobre γ_x : requiere un análisis probabilista
- Métodos probabilistas: no aptos para práctica diaria
- Método de los coeficientes parciales para evaluación

$$\gamma_{E,act} \cdot E_{nom,act} \leq \frac{R_{nom,act}}{\gamma_{R,act}}$$



Puente arco sobre el río Segura en Elche de la Sierra

Motivo de la evaluación: cambio de uso



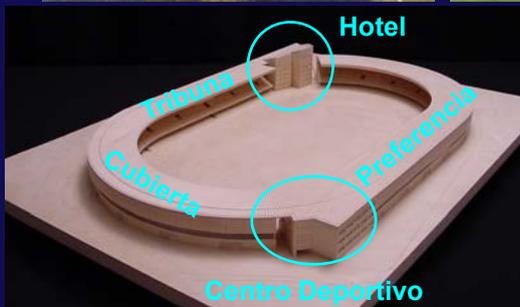
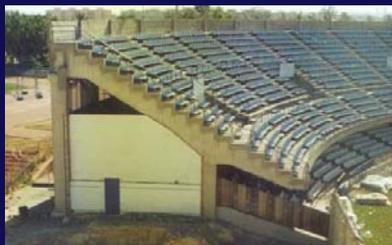
Puente sobre el río Tera en Micereces

Motivo de la evaluación: cambio de uso



Mejora y ampliación del estadio de Chapín

Motivo de la evaluación: cambio de uso



Puente de Hierro en Zamora

Motivos de la evaluación: daños visibles y cambio de uso



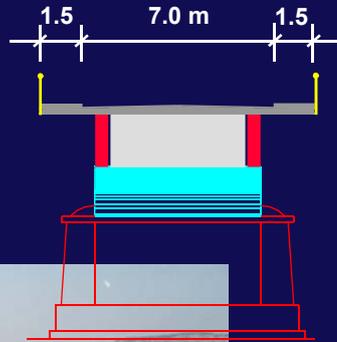
Catedral de La Laguna

Motivo de la evaluación: daños visibles



Puente sobre el río Ebro en Frías

Motivos de la evaluación: incidente y cambio de uso



Colapso de la cimbra sobre el río Verde en Almuñécar

Motivos de la evaluación: establecimiento mecanismo / causas del fallo y determinación de la fiabilidad estructural



Ampliación de la pasarela sobre la M30 en la calle Ángel Gordillo

Motivo de la evaluación: cambio de uso

