

La influencia de la variabilidad de las acciones en la seguridad de los forjados unidireccionales de hormigón estructural

Influence in the variability of the effect of action loads in the safety of reinforced concrete unidirectional floors

Elena Díaz Heredia^a, David C. Fernández Montes^a, Jorge Rueda Contreras^c y Enrique González Valle^d

^a Prof. PhD. Civil Engineering of Technical University of Madrid (UPM). Leader of Construction Department at INTEMAC-Grupo TYPSA. ediaz@intemac.es

^b Prof. PhD. Civil Engineering of Technical University of Madrid (UPM). Technical Director of BETAZUL, S.A. david.fernandez.montes@upm.es

^c PhD. Civil Engineering of Technical University of Madrid (UPM). Professor of María Inmaculada College. jorge19549@gmail.com

^d Former Prof. PhD. Civil Engineering of Technical University of Madrid (UPM). Counselor Member at INTEMAC-Grupo TYPSA. egonzalezvalle@yahoo.es

RESUMEN

La presente comunicación expone la metodología para el análisis y la realización de un análisis particularizado acerca de la incidencia que los Parámetros Estadísticos de las Acciones (valores medios y desviaciones estándar) podrían tener en la seguridad estructural de los forjados unidireccionales de hormigón estructural, en un edificio ya construido, y, en consecuencia, como podría verse condicionada su aceptabilidad por razones de seguridad, si no se recurre a su refuerzo.

ABSTRACT

The methodology and the realization of a specific analysis about the impact that the Statistical Parameters of the Actions (average values and standard deviations) could have on the structural safety of the unidirectional structural concrete slabs in an existing building and, consequently, if rehabilitation actions are not considered, how its acceptability could be conditioned for safety reasons, is shown in this paper.

PALABRAS CLAVE: forjados, hormigón estructural, acciones, rehabilitación, probabilismo, seguridad.

KEYWORDS: floor, reinforced concrete, loads, rehabilitation, probability, safety.

1. Introducción

Los **Coefficientes de Ponderación, (γ_f)**, de las acciones de cargas permanentes y sobrecargas, que establecen los códigos estructurales para el dimensionamiento en ELU de resistencia, están en general tarados para que los elementos estructurales garanticen unas **Probabilidades de Fallo, (P_f)**, inferiores a unos límites preestablecidos, o, lo que es equivalente, que se

alcancen unos valores de los **Factores de Fiabilidad, (β)**, establecidos en las propuestas de códigos probabilistas.

Para el caso de los **Forjados de Edificación**, fundamentalmente en los casos de rehabilitación de edificios, podrían resultar determinantes, para la aceptación de un forjado ya construido, los valores de los parámetros: **Acciones Medias y**

Coefficientes de Variación de las Acciones.

Estos valores de los parámetros, para las acciones de pesos propios y cargas permanentes, podrían ser evaluados tras la oportuna toma de datos en el edificio.

En los momentos actuales es muy importante el volumen de las obras de remodelación y rehabilitación de edificios destinados a viviendas, oficinas y otros usos. Ello es consecuencia de que las edificaciones antiguas han visto superado su periodo de vida útil desde un punto de vista funcional, requiriéndose, en el mejor de los casos, modificación en las particiones y cerramientos, para mejorar las condiciones de aislamiento térmico, acústico y de protección frente a fuego, así como las instalaciones, para ajustarse a las prescripciones establecidas por los reglamentos vigentes en la actualidad.

Muchas de estas edificaciones presentan estructuras de hormigón armado, que fueron construidas hace más de 50 años, ajustándose a las prescripciones de normas de proyecto diferentes a las actuales. Por otra parte tanto tales normas como las actuales, en general son solo aplicables para el proyecto y la construcción de nuevas estructuras y no resultan directamente aplicables a la comprobación de estructuras ya existentes, las cuales, aunque pueden presentar desviaciones frente a la situación de proyecto e incertidumbres, pueden ser comprobadas en la estructura al estar ya construida.

2. La comprobación de estructuras en edificios construidos

Las estructuras de hormigón de nueva construcción, en la actualidad se proyectan y construyen aplicando las prescripciones de las normas vigentes. En España resultan de aplicación, para estructuras de edificación, el Código Técnico de la Edificación, **(CTE)** [1], y la Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón Estructural, **(EHE-08)** [2], sensiblemente coincidente con el Eurocódigo 2 **(EC-2)** [3].

El cálculo y la comprobación de elementos de Hormigón Estructural se ajustan normalmente a

procesos semiprobabilistas, en los cuales los valores de los coeficientes de ponderación de las acciones, γ_s y de minoración de resistencias del hormigón y del acero, γ_c y γ_s , están ajustados para que las estructuras garanticen unos determinados valores de la probabilidad de ruina. Estos coeficientes de seguridad se destinan a cubrir las incertidumbres o desviaciones que, frente a los valores nominales establecidos en el proyecto, pueden producirse tanto en los valores de las acciones como en las dimensiones y en las resistencias de los materiales. Además, con ellos se cubren las incertidumbres o desviaciones de los propios métodos de cálculo, tanto en lo referente a la evaluación de las solicitaciones como de las resistencias de las secciones de los elementos estructurales.

Para las estructuras ya construidas no sería lógico aplicar, para la comprobación de su seguridad estructural, los métodos semiprobabilistas, dado que muchos de los valores de las variables, (resistencias de los materiales, dimensiones de los elementos y secciones y acciones debidas a los pesos propios y cargas permanentes) cuyos efectos sobre la seguridad se cubrirían mediante los coeficientes de seguridad, no tendrían las mismas incertidumbres que se tendrían en el caso de una estructura en fase de proyecto, fase en la cual la estructura no estaría aún construida. Además, parte de estas incertidumbres o desviaciones, así como los propios valores nominales o representativos de algunas de las variables, podrían ser evaluados tomando datos sobre la propia edificación al estar su estructura ya construida.

Por las razones expuestas, en las estructuras ya construidas consideramos más adecuado que la comprobación de su seguridad se ajuste a un proceso de carácter más probabilista que semiprobabilista, adoptando los criterios que al efecto se establecen en las propuestas de códigos probabilistas. Estos procesos permiten evaluar las Probabilidades de Fallo (P_f) y sus Factores de Fiabilidad Asociados (β), y condicionar la aceptación de la estructura a una determinada garantía de cumplimiento de un valor de la probabilidad de fallo o del valor del factor de fiabilidad según se establece en los códigos para los procesos probabilistas.

La comprobación de la seguridad por aplicación de estos métodos probabilistas se ajustaría a la siguiente pauta:

- a) Establecimiento de los parámetros estadísticos correspondientes a las acciones consideradas como variables probabilistas (X_A).
- b) Establecimiento de un modelo determinista de cálculo de las solicitaciones, así como de los parámetros estadísticos del método de cálculo, que sería considerado como una variable probabilista (M_S).
- c) Establecimiento de los parámetros estadísticos correspondientes los valores que condicionan las resistencias de las secciones de los elementos de la estructura (X_R).
- d) Establecimiento de un modelo determinista de cálculo de las resistencias de las secciones, así como de los parámetros estadísticos del método de cálculo, que sería considerado como una variable probabilista (M_R).
- e) Establecimiento de un criterio de fallo y evaluación de la probabilidad de ocurrencia ($P_f = P_{(R-S)} < \phi$) y de su Factor de Fiabilidad Asociado (β).
- f) Comparación de los valores de P_f y/o de β con los valores límite que se establecen en las propuestas de códigos probabilistas para concluir si la estructura analizada es o no aceptable.

Es obvio que la aplicación de esta pauta presentaría diferentes niveles de complejidad en función de la estructura que se analice. El proceso que exponemos se ha aplicado a un elemento estructural simple como sería un forjado unidireccional de hormigón armado y se ha configurado en una hoja Excel que nos permite obtener la probabilidad de fallo y el valor del factor de fiabilidad en función de los parámetros estadísticos de las variables que condicionan tanto el valor de la solicitación como el valor de la resistencia, en nuestro caso para el Momento Flector y para el Esfuerzo Cortante en una determinada sección del forjado. Los parámetros estadísticos que deberemos obtener serán los **Valores Medios** y los **Coefficientes de variación**, (S_M y CoV_S) para la Solicitación y (R_M y CoV_R) para la Resistencia, todo ello en función de los parámetros correspondientes a las variables siguientes:

I.- Variables Estadísticas para Cálculo: SOLICITACIÓN (S_M y CoV_S (δ_S)) EN LA SECCIÓN

1. pp del Forjado pp_F $pp_M, CoV_{pp} (\delta_{pp})$
2. pp del Solado y Revestimiento de Techo CP_1
 $CP_{M,1},$
 $CoV_{\phi,1}(\delta_{\phi 1})$
3. pp de la Tabiquería CP_1
 $CP_{M,2},$
 $CoV_{\phi,2}(\delta_{\phi 2})$
4. Sobrecarga de Uso Sob
 $Sob_M,$
 $CoV_{Sob} (\delta_{sob})$
5. Método de Cálculo de la Solicitación M_S
 $M_{S,M},$
 $CoV_M(\delta_{Método})$

II.- Variables Estadísticas para Cálculo: RESISTENCIA (R_M y CoV_R (δ_R)) DE LA SECCIÓN

1. Resistencia del Hormigón f_c
 $f_{c,M},$
 $CoV_C (\delta_c)$
2. Resistencia del Acero f_y
 $f_{y,M},$
 $CoV_y (\delta_y)$
3. Dimensiones de la sección X_i
 $X_{i,M},$
 $CoV_{X_i} (\delta_{x_i})$
4. Áreas de Armaduras A_s
 $A_{s,M},$
 $CoV_{A_s} (\delta_{A_s})$
5. Método de Cálculo de la Resistencia M_R
 $M_{R,M}, CoV_M$
 $(\delta_{Método})$

3. Factores de Fiabilidad Admisibles y Probabilidades de Fallo Asociadas

De acuerdo con lo establecido en las propuestas de Códigos Probabilistas los Factores de Fiabilidad Admisibles y las Probabilidades de Fallo para una estructura son función en primer lugar del Estado Límite que se considere, Ultimo (ELU) o de Servicio (ELS).

En lo referente al ELU, en nuestro caso ELU de resistencia a flexión y a esfuerzo cortante de

$\beta = (\mu_R - \mu_S) / \sqrt{(\sigma_S^2 + \sigma_R^2)}$							
(P_f) Probabilidad_{(μ_R - μ_S) ≤ 0}							
P _f	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷
β	1.3	2.3	3.1	3.7	4.2	4.7	5.2

Coste de Medidas de Seguridad	Consecuencia del Fallo		
	Menor	Mediana	Grande
Grande	3.1	3.3	3.7
Normal	3.7	4.2	4.4
Reducido	4.2	4.4	4.7

Figura 1. Factores de fiabilidad admisibles para ELU.

las secciones del forjado, los Factores de Fiabilidad (β) admisibles dependen, por una parte, de la trascendencia de las consecuencias del fallo y, por otra, del coste de la implementación de las medidas de seguridad. En la **figura 1** se acompañan los valores de (β) que generalmente se consideran aceptables para estructuras de hormigón estructural, junto a sus probabilidades de fallo ($P_{\xi(R-S)<0}$) asociadas.

Con relación al **ELS**, en nuestro caso ELS de fisuración, deformaciones o vibraciones, los valores de los Factores de Fiabilidad admisibles junto a sus Probabilidades de Fallo asociadas, (β) y ($P_{\xi(R-S)<0}$), que serían función de que el estado límite considerado sea o no reversible, se acompañan en la **figura 2**.

En la **figura 3** acompañamos la relación existente entre los valores del Factor de Fiabilidad, (β), y $-\text{Log}(P_{\xi(R-S)<0})$.

4. Valores Medios y Coeficientes de Variación de las Acciones sobre Forjados, de los Métodos de Cálculo de la Solicitación y de la propia Solicitación

Las acciones que solicitan a un forjado de edificación, según hemos comentado en apartados precedentes, son las correspondientes a sus Pesos Propios, a las Cargas Permanentes del Solado más Revestimientos de Techos y de

$\beta = (\mu_R - \mu_S) / \sqrt{(\sigma_S^2 + \sigma_R^2)}$							
(P_f) Probabilidad: (μ_R - μ_S) ≤ 0							
P _f	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷
β	1.3	2.3	3.1	3.7	4.2	4.7	5.2

Coste de Medidas de Seguridad	ELS IRREVERSIBLE	
	β	P _f
Grande	1.3	10 ⁻¹
Normal	1.7	5·10 ⁻²
Reducido	2.3	10 ⁻²

Figura 2. Factores de fiabilidad admisibles para ELS.

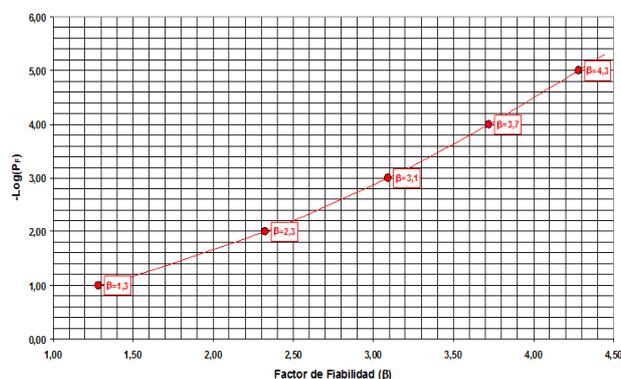


Figura 3. Relación entre β y $-\text{Log}(P_{\xi(R-S)<0})$.

la Tabiquería, y a la Sobrecarga de Uso, esta última función del tipo de utilización.

Para poder realizar un análisis probabilista será necesario, en primer lugar, definir los parámetros estadísticos de estas acciones, estableciendo sus valores medios, A_M , y sus coeficientes de variación, CoV_A (δ_A). Asimismo, es necesario establecer el tipo de distribución al que se ajustarían los valores de estas acciones.

Hemos de señalar que, en las normas de acciones, las cargas permanentes se definen por un valor representativo correspondiente a su valor medio, valor que se calcularía de acuerdo con las dimensiones nominales de las unidades correspondientes, que serían asimismo los valores medios de las mismas. Acompañamos los valores medios de las acciones de peso propio del forjado considerados en un edificio de viviendas para un tipo de forjado unidireccional como el que se define en la **figura**

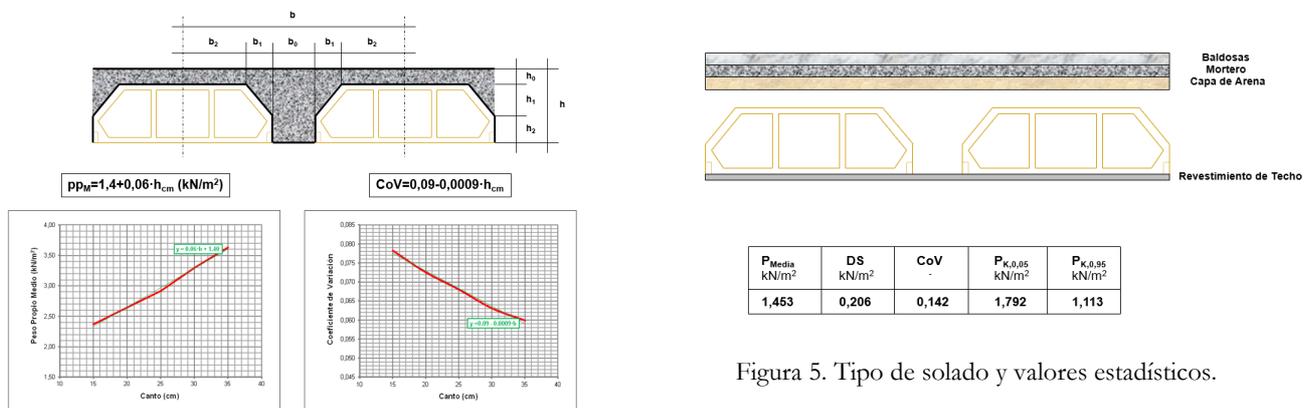


Figura 5. Tipo de solado y valores estadísticos.

Figura 4. Tipo de forjado unidireccional y valores estadísticos.

4. Se ha realizado un análisis paramétrico que ha permitido ajustar tanto el valor medio del peso propio como su coeficiente de variación a las fórmulas que acompañamos en la propia **figura 4**.

Para el solado hemos adoptado el tipo que se acompaña en la **figura 5**, y para el revestimiento de techos una capa de yeso de 1,5 cm de espesor. Tras la realización de un análisis paramétrico, variando los espesores de las diferentes capas, hemos calculado los valores medios y los coeficientes de variación de esta acción permanente, valores que se indican en la **figura 5**.

Para la acción de la tabiquería establecemos como valor medio el establecido por el CTE para unas condiciones de pesos por m² de tabique que conduzcan a un valor para esta acción de 1,00 kN/m², habiendo calculado su coeficiente de variación mediante un análisis paramétrico variando el número de dependencias de la edificación, ajustadas tales dependencias al esquema que se acompaña en la **figura 6**, figura en la cual se acompañan los valores del coeficiente de variación obtenido.

Las distribuciones adoptadas para todas las acciones de pesos propios y cargas permanentes será la distribución normal.

Para la acción de sobrecarga hemos estimado

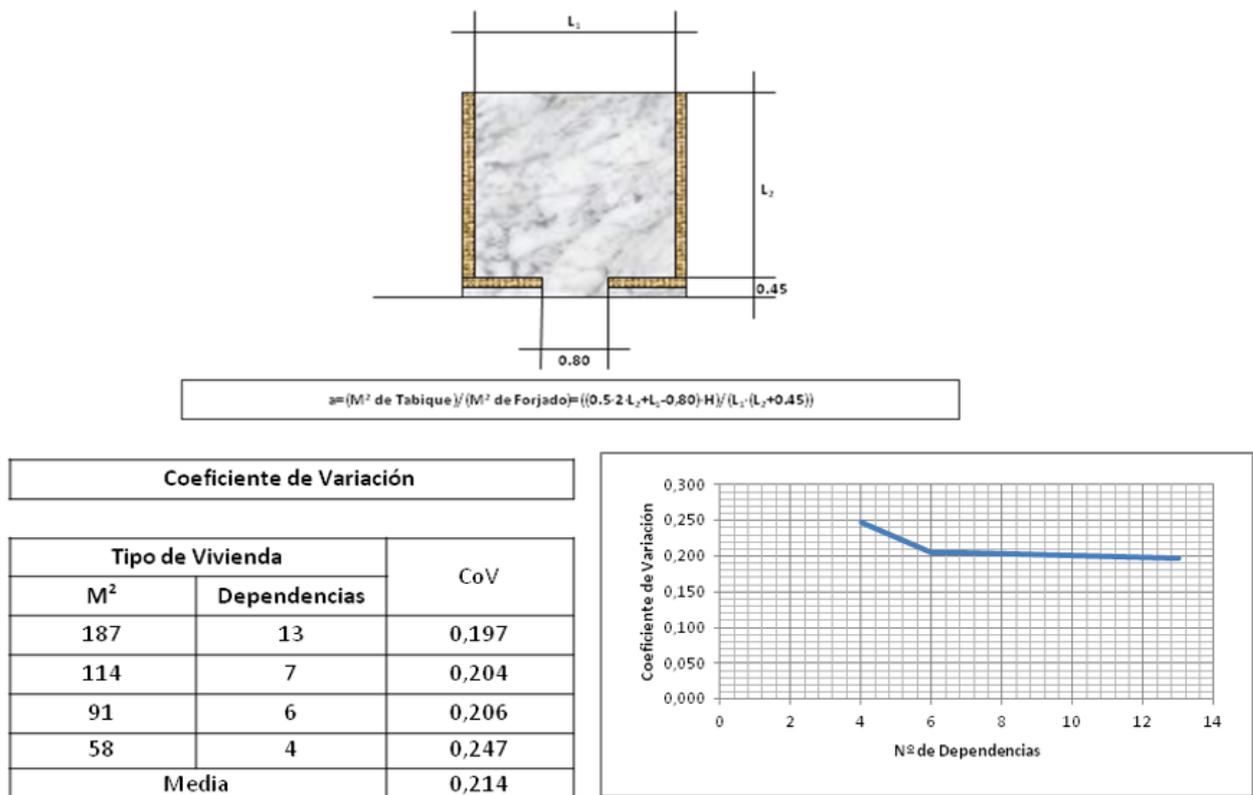


Figura 6. Tipo de tabiquería y valores estadísticos.

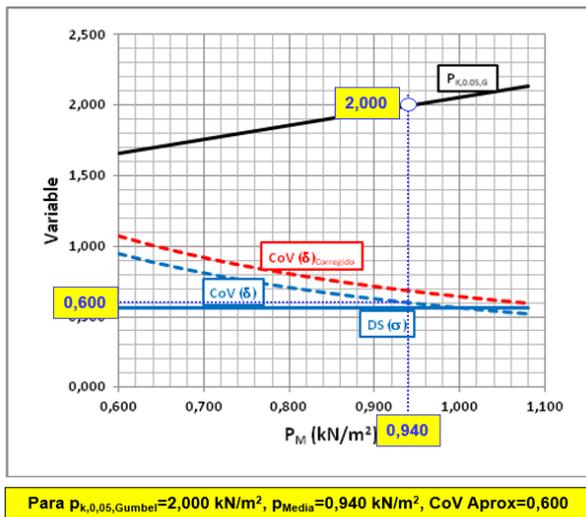


Figura 7. Valores estadísticos de sobrecargas.

asimismo, mediante un análisis al efecto, los valores medios de la sobrecarga de uso y su coeficiente de variación, con objeto de que la acción característica, con el 95% de probabilidad de no verse superada adoptando una distribución de Gumbel, $A_{K,95,G} = 2,00 \text{ kN/m}^2$, valor que las normas de acciones fijan en edificios con uso para viviendas. La estimación nos ha conducido a adoptar un valor de la Sobrecarga de Uso $0,94 \text{ kN/m}^2$ como valor medio y un coeficiente de variación de $0,60$, según señalamos en la **figura 7**.

Para calcular los parámetros estadísticos de las solicitaciones una vez conocidos los de las acciones, adoptamos un modelo determinista, que nos permite calcular la solicitación (para el momento flector en una sección $M=A_{M,s} \cdot P/K$). Dado que las acciones son variables probabilistas, aunque el modelo sea determinista, de la aplicación de las acciones al modelo obtendremos una solicitación que será

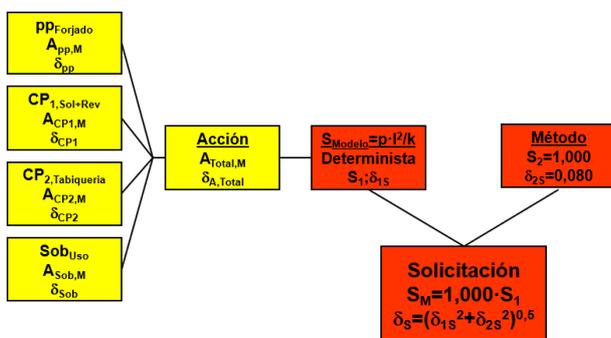


Figura 8. Diagrama de cálculo de la solicitación.

una variable probabilista, con un valor medio S_{LM} y un coeficiente de variación δ_{LS} . Los métodos de cálculo, relativos al modelo, sin embargo se consideran probabilistas, con parámetros estadísticos, factoriales en este caso, que serían de un valor medio, S_{2M} de un coeficiente de variación, δ_{2S} .

El proceso completo de cálculo de los parámetros estadísticos correspondientes a la solicitación, S_M y δ_S , se ajustaría a lo indicado en el diagrama que se acompaña como **figura 8**.

5. Valores medios y coeficientes de Variación de las Resistencias de los Materiales, de las Dimensiones de las Secciones, de los Métodos de Cálculo de la Resistencia y de la Resistencia

Para las dimensiones de las secciones, (canto y ancho de la sección del forjado, y recubrimientos de la armadura, áreas de armaduras y separación entre armaduras transversales caso de existir) adoptamos los valores nominales de las secciones como valores medios. Los coeficientes de variación para estas variables que adoptaremos, serán los deducidos de considerar unas desviaciones estándar para las dimensiones $DS_X(\text{mm}) = (4+0,006 \cdot X(\text{mm}))$ y para los recubrimientos $DS_{rec}(\text{mm}) = (3+0,006 \cdot rec(\text{mm}))$. Para las áreas de armaduras adoptamos un coeficiente de variación $CoV_{As} = 0,03$.

Para las resistencias de los materiales adoptamos como valores nominales, f_{cN} y f_{yN} , los valores característicos, f_{ck} y f_{yk} , y unos coeficientes de variación de estas resistencias $CoV_c = 0,15$ para el hormigón y $CoV_s = 0,03$ para el acero, correspondientes a materiales con distintivo de calidad reconocido. Según ello, en función del nivel del cuantil exigido para el valor característico, las resistencias medias de los materiales que se han adoptado han sido: $f_{cM} = f_{ck}/(1+1,645 \cdot CoV_c)$ para el hormigón y $f_{yM} = f_{yk}/(1+2,000 \cdot CoV_s)$ para el acero.

Con los valores a que hemos hecho referencia y aplicando un Modelo Determinista de cálculo o comprobación de secciones, de acuerdo con el Eurocódigo 2, podemos calcular los valores medios de la resistencia de las secciones, R_{LM} y

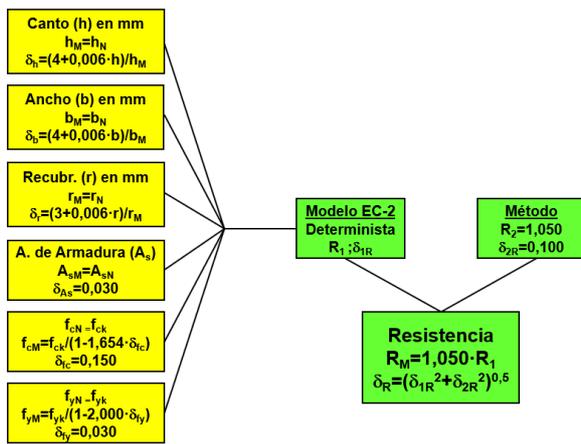


Figura 9. Diagrama de cálculo de la resistencia.

su coeficiente de variación, δ_{LR} . Al igual que señalamos para las solicitaciones, los métodos de cálculo de la resistencia sin embargo se consideran probabilistas con parámetros estadísticos, factoriales en este caso, correspondientes al valor medio, R_{2M} , y al coeficiente de variación δ_{2R} .

El proceso completo de cálculo de los parámetros estadísticos correspondientes a la resistencia, R_M y δ_R , se ajusta a lo indicado en el diagrama que se acompaña como figura 9.

6. Relación entre los Valores de los Coeficientes de Variación de las Acciones de Cargas Permanentes y los Factores de Fiabilidad

Hemos desarrollado una hoja de cálculo Excel que nos resuelve el problema de cálculo de la solicitación media S_M y su coeficiente de variación δ_S , así como de la resistencia media R_M y su coeficiente de variación δ_R , de acuerdo con lo expuesto en los apartados precedentes.

Introduciendo los coeficientes de cálculo de ponderación de las acciones, $\gamma_f = 1,35$ para cargas permanentes y $\gamma_f = 1,50$ para sobrecargas, y los de minoración de las resistencias de los materiales, $\gamma_c = 1,50$ para el hormigón y $\gamma_s = 1,15$ para el acero, asimismo esta hoja de cálculo nos permite dimensionar la sección de la armadura del forjado en estudio, aplicando los valores nominales de las acciones, las dimensiones nominales de las secciones y las resistencias nominales de los materiales, para un

cálculo en teoría semiprobabilista.

Aplicando esta hoja de cálculo hemos desarrollado un análisis paramétrico para analizar la influencia que los valores del coeficiente de variación de las acciones de carácter permanente, solado más revestimiento de techos y tabiquería, tienen sobre la seguridad de las secciones del forjado en análisis.

Para ello en primer lugar calculamos la sección de armadura que precisaría la sección para cumplir estrictamente con las exigencias de seguridad establecidos por las normas, (CTE [1], EHE-08 [2] y EC-2 [3]) aplicando los valores nominales y la teoría semiprobabilista.

Dimensionada la armadura de flexión de la sección y adoptando coeficientes de variación de la carga permanente variables, (0,1, 0,2, 0,3 y 0,4) y forjados con canto variable (0,20, 0,25, 0,30 y 0,35 m), hemos calculado los valores del Factor de Fiabilidad (β) a que conduce cada caso del análisis paramétrico realizado.

En la figura 10 acompañamos el resumen del análisis realizado, pudiendo apreciarse la variación del Factor de Fiabilidad (β) en función de la variación del CoV de la carga permanente.

Por otra parte, hemos evaluado el incremento del área de armadura de flexión que sería necesario disponer en cada canto de forjado para que pasando el CoV de la carga permanente de 0,10 a 0,40, caso 2, obtuviésemos el valor del Factor de Fiabilidad (β) correspondiente a un CoV de la carga permanente igual a 0,10, caso 1.

En la figura 11 se acompañan los resultados de

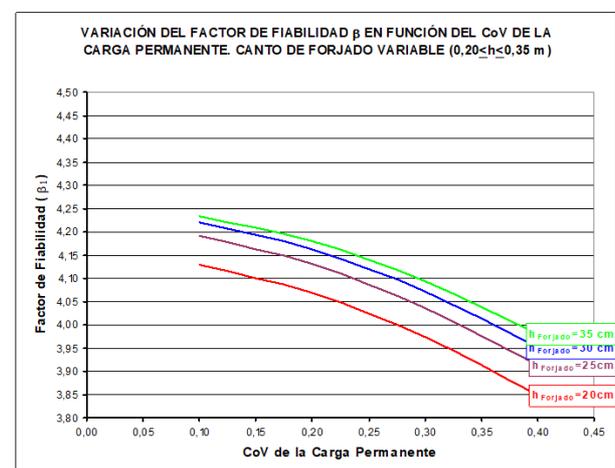


Figura 10. Variación de β en función de CoV de Carga Permanente.

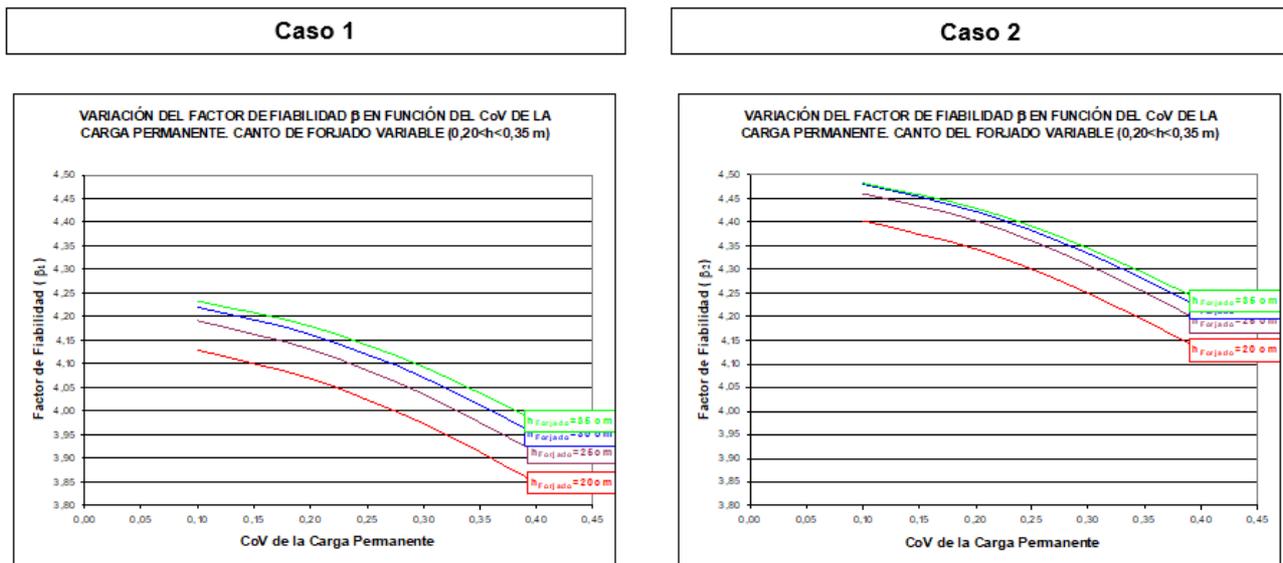


Figura 11. Variación de β en función de CoV de Carga Permanente: Casos 1 y 2.

Caso 1: Dimensionando la Armadura A_s para $\gamma_{f,pp}$ y $c_p=1,35$; $\gamma_{f,Sob}=1,50$
Caso 2: Dimensionando la Armadura A_s para que $\beta_{0,400,2}=\beta_{0,100,1}$; $P_{Fallo,0,400,2}=P_{Fallo,0,100,1}$

Canto Forjado (cm)	20	25	30	35
A_{s1} (cm ²)	1,44	1,77	2,14	2,53
β_1	4,13	4,19	4,22	4,23
A_{s2} (cm ²)	1,54	1,89	2,28	2,68
β_2	4,40	4,46	4,48	4,48
A_{s2}/A_{s1}	1,071	1,067	1,064	1,060
β_2/β_1	1,066	1,064	1,062	1,059
$(A_{s2}/A_{s1})/(\beta_2/\beta_1)$	1,005	1,003	1,002	1,001

Figura 12. A_s y β en casos 1 y 2.

los valores del Factor de Fiabilidad β correspondiente a ambos casos, β_1 y β_2 . En la **figura 12** se presenta un resumen y la comparación de los resultados correspondientes a las cuantías de armadura que se obtendrían en ambos casos, 1 y 2, para esta parte del análisis.

7. Conclusiones

De acuerdo con el análisis realizado establecemos las siguientes conclusiones:

A.- El análisis de la seguridad de las estructuras existentes, al estar ya construidas, debe ser realizado por aplicación de métodos

probabilistas. Los parámetros estadísticos tanto de las acciones de cargas permanentes como de las dimensiones de sus elementos estructurales y de las resistencias de los materiales deben ser obtenidos de la propia estructura mediante muestreo de nivel de significación adecuado.

B.- Para el caso concreto de los forjados unidireccionales de edificación se ha desarrollado un método de análisis de la seguridad estructural aplicando un método probabilista implementado en una hoja de cálculo Excel que nos permite relacionar los **Coefficientes de Seguridad Nominal** (γ_{ξ} , γ_c y γ_s) semiprobabilistas con los valores del **Factor de Fiabilidad** β y la **Probabilidad de Ruina** P_f .

asociada del método probabilista.

C.- Tras el desarrollo de un análisis paramétrico realizado para cantos del forjado (h) variables $0,20\text{ cm} < h < 0,35\text{ cm}$ y coeficientes de variación (CoV_{CP}) de las cargas permanentes actuantes sobre el forjado, (pesos propios del solado, revestimiento de techos y tabiquería) variables entre $0,10 < CoV_{CP} < 0,40$, manteniendo el valor medio de la acción, podemos establecer que el incremento del coeficiente de variación, supone una reducción apreciable del valor del Factor de Fiabilidad (β) y en paralelo un incremento de la Probabilidad de Fallo (P_f), según se deduce de la **figura 10**.

D.- Si quisiese mantenerse el valor del Factor de Fiabilidad (β) obtenido para un $CoV_{CP} = 0,10$ en el caso de verse incrementado este valor a $CoV_{CP} = 0,40$, manteniéndose el valor de la acción media debida a carga permanente, la armadura de flexión del forjado debería incrementarse en órdenes del 6% al 7% dependiendo del canto del forjado según se desprende del análisis de la **Figura 12**.

E.- De lo anterior deducimos la importancia que, de cara a la aceptación de una estructura existente, puede tener la correcta evaluación tanto de los valores medios de las cargas de peso propio y permanentes existentes como de los valores de sus coeficientes de variación, siendo para ello preciso realizar una toma de datos sobre la construcción mediante un muestreo estadístico con nivel de significación adecuado.

Referencias

[1] RD 314/2006 Código Técnico de la Edificación (DB-SE-A). Ministerio de Vivienda, Madrid, 2006.

[2] Comisión Permanente del Hormigón, Instrucción de Hormigón Estructural EHE-2008, Ministerio de Fomento, Madrid, 2008.

[3] EN 1992-1-1 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1 – 1: General rules and rules for buildings, CEN. 2004.

