

Cobo, A., González García, M. N., Prieto, M. I., Olmedo, F. I. & Martín Gordón, A. (2024). Comparación de normativas relativas a la prevención del riesgo de caídas en desniveles entre Estados Unidos y España. En Herrera, R.F., Salazar, L.A., (Editores), *Actas del IX Congreso Iberoamericano de Gestión y tecnología de la Construcción* (IX ELAGEC2024).

# COMPARACIÓN DE NORMATIVAS RELATIVAS A LA PREVENCIÓN DEL RIESGO DE CAÍDAS EN DESNIVELES ENTRE ESTADOS UNIDOS Y ESPAÑA

**Alfonso Cobo**<sup>1</sup> – [alfonso.cobo@upm.es](mailto:alfonso.cobo@upm.es)

**María de las Nieves González**<sup>2</sup> – [mariadelasnieves.gonzalez@upm.es](mailto:mariadelasnieves.gonzalez@upm.es)

**María Isabel Prieto**<sup>3</sup> – [mariaisabel.prieto@upm.es](mailto:mariaisabel.prieto@upm.es)

**Fernando Israel Olmedo**<sup>4</sup> – [fi.olmedo.zazo@upm.es](mailto:fi.olmedo.zazo@upm.es)

**Alejandro Martín**<sup>5</sup> – [alejandro.mgordon@upm.es](mailto:alejandro.mgordon@upm.es)

<sup>1</sup>*Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.*

<sup>2</sup>*Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.*

<sup>3</sup>*Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.*

<sup>4</sup>*Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.*

<sup>5</sup>*Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.*

## RESUMEN

Las caídas en altura desde edificios en construcción son la causa más frecuente de accidentes graves y mortales de la industria de la construcción y de la industria en general. Durante la etapa de su uso y mantenimiento, este tipo de accidente también supone una altísima siniestralidad. El sistema más empleado para prevenir este riesgo es la instalación de barandillas de seguridad.

Enfocando el estudio de la prevención del riesgo de caída en edificios durante la etapa de uso y mantenimiento, las barandillas de protección deben cumplir requisitos geométricos, teniendo las dimensiones necesarias para que una persona no pueda sobrepasarlas y requisitos mecánicos, para que los sistemas tengan suficiente resistencia para soportar el empuje de personas apoyadas sobre ellos o el impacto de una persona u objeto.

Este trabajo compara la normativa empleada en Estados Unidos (IBC y OSHA) y España (CTE) para regular barandillas de protección destinadas a prevenir el riesgo de caídas en edificios durante su etapa de uso y mantenimiento.

Los resultados muestran diferencias significativas en los requisitos exigidos, lo que supone que, para barandillas con distancia entre postes inferior a 2,44 m, la normativa de Estados Unidos es más exigente que la de España.

## **PALABRAS CLAVE**

Riesgo de caída; desnivel; CTE; IBC; OSHA.

## **INTRODUCCIÓN**

Las caídas en altura son una de las principales causas de accidentes graves y mortales relacionadas con los edificios, tanto en su etapa de construcción como en la etapa de uso y mantenimiento.

En cuanto a la etapa de construcción, la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) (2015) y el Bureau of Labor Statistic. National (2019) confirman, atendiendo a las estadísticas, que las caídas desde altura son la principal causa de accidentes mortales, en un sector que en Estados Unidos (EE.UU.) supone aproximadamente un tercio de los accidentes mortales de toda la industria. La prevención de este riesgo puede realizarse a partir de barandillas provisionales de obra, reguladas en EE.UU. por la normativa OSHA (2016) y en España y Europa por el Comité Europeo de Normalización (2019). González et al. (2011) han estudiado el comportamiento de sistemas de acero frente a cargas estáticas, frente a cargas de impacto (2012) y la relación entre ambos tipos de carga (2015).

El riesgo de caída en edificios durante su uso y mantenimiento supone la instalación de barandillas permanentes reguladas en EE.UU. fundamentalmente por el International Code Council (ICC) a partir del International Building Code (IBC) (2024) y en España por el Código Técnico de la Edificación (CTE) (2008).

Estos documentos establecen requisitos geométricos y mecánicos para que las barandillas puedan proteger de manera eficaz a las personas durante el uso o mantenimiento del edificio. Sin embargo, aunque el objetivo es el mismo, los requisitos mecánicos que deben superar las barandillas se establecen de manera muy distinta si se comparan el IBC con el CTE.

El objetivo de este trabajo es comparar y analizar las diferencias geométricas y mecánicas en las normativas de barandillas de protección en EE.UU. y España, con el fin de identificar las implicaciones prácticas para la seguridad en edificios durante su etapa de uso y mantenimiento.

Para lograr este objetivo se analizan en primer lugar los requisitos establecidos en España y EE.UU. para el diseño de barandillas; en segundo lugar se comparan los requisitos de ambos países; y finalmente, se evalúa un caso práctico para poner de manifiesto los resultados obtenidos con ambas normativas.

## **DISEÑO DE BARANDILLAS DE PROTECCIÓN PERMANENTES EN ESPAÑA**

En España, la normativa de obligado cumplimiento que regula las barandillas de protección de los edificios colocadas de forma definitiva para dar seguridad frente al riesgo de caídas es el CTE. El CTE se articula en 11 documentos. El documento que interesa a las características que deben cumplir las barandillas para evitar el riesgo de caída es el Documento Básico SUA Seguridad de utilización y accesibilidad (DB SUA) realizado por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2022). El objetivo de este documento es reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios sufran daños en el uso previsto de los edificios como consecuencias de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento. Para ello el documento se articula en 9 exigencias básicas: SUA 1 a SUA 9. La exigencia básica SUA 1, Seguridad frente al riesgo de caídas, establece los criterios para limitar el riesgo de que los usuarios sufran caídas por resbalamiento o por caídas en huecos, cambios de nivel, escaleras y rampas.

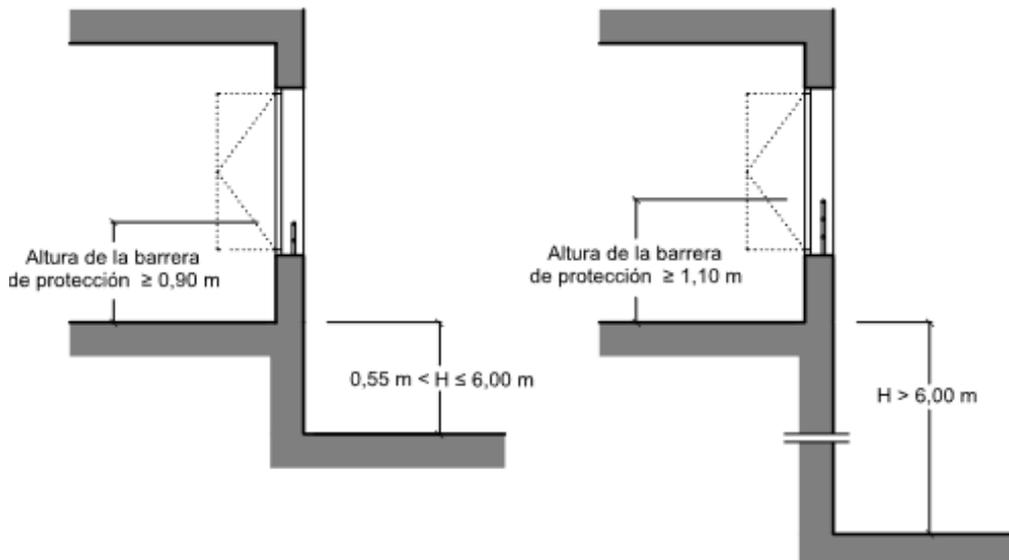
El punto 3 del documento, Desniveles, trata específicamente el tema de las barandillas de protección definitivas.

En primer lugar se indica cuando es necesario disponer de una medida de protección. De este modo, establece la obligatoriedad de proteger las diferencias de nivel mediante la colocación de barreras de protección en los desniveles, huecos y aberturas (tanto horizontales como verticales) balcones, ventanas, etc. cuando la diferencia de cota sea superior a 55 cm, excepto cuando la disposición constructiva haga muy improbable la caída o cuando la barrera sea incompatible con el uso previsto.

Así mismo, en las zonas de uso público se facilitará la percepción de las diferencias de nivel que no excedan de 55 cm y que sean susceptibles de causar caídas, mediante diferenciación visual y táctil. La diferenciación comenzará a 25 cm del borde, como mínimo.

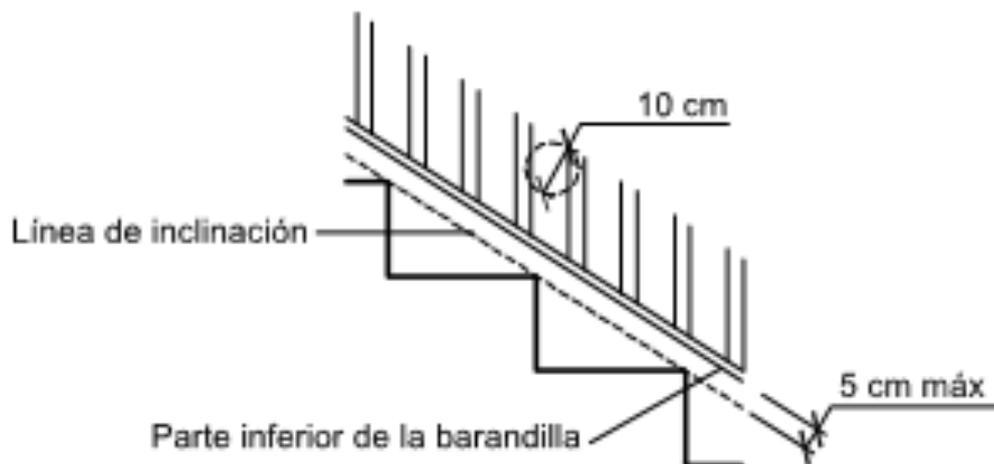
En segundo lugar se indican las características que deben cumplir las barreras de protección. Las características se dividen en dos tipos: características geométricas, fundamentalmente la altura mínima que debe cumplir la barrera y características mecánicas, qué resistencia debe poseer.

En cuanto a las características geométricas, se indica que la altura de las barreras de protección será como mínimo de 0,90 m cuando la diferencia de cota que protegen no exceda de 6 m y de 1,10 m en el resto de los casos, excepto en el caso de huecos de escaleras de anchura menor que 40 cm, en los que la barrera tendrá una altura de 0,90 m, como mínimo (Figura 1).



**Figura 1.** Altura de la barandilla de protección en función del desnivel a proteger (DB SUA).

La altura se medirá verticalmente desde el nivel de suelo o, en el caso de escaleras, desde la línea de inclinación definida por los vértices de los peldaños, hasta el límite superior de la barrera (Figura 2).



**Figura 2.** Medición de la altura de la barandilla de protección en escaleras (DB SUA).

Las barreras de protección, incluidas las de las escaleras y rampas situadas en cualquier zona de edificios de uso residencial vivienda o de escuelas infantiles, así como en las zonas de uso público de los establecimientos de uso comercial o de uso pública concurrencia, estarán diseñadas de manera que:

- No puedan ser fácilmente escaladas por los niños, para lo cual:
  - En la altura comprendida entre 30 cm y 50 cm sobre el nivel del suelo o sobre la línea de inclinación de una escalera no existirán puntos de apoyo, incluidos salientes sensiblemente horizontales con más de 5 cm de saliente.
  - En la altura comprendida entre 50 cm y 80 cm sobre el nivel del suelo no existirán salientes que tengan una superficie sensiblemente horizontal con más de 15 cm de fondo
- No tengan aberturas que puedan ser atravesadas por una esfera de 10 cm de diámetro, exceptuándose las aberturas triangulares que forman la huella y la contrahuella de los peldaños con el límite inferior de la barandilla, siempre que la distancia entre este límite y la línea de inclinación de la escalera no exceda de 5 cm (Figura 2)

Cuando las barreras de protección estén situadas en zonas de uso público en edificios o establecimientos de usos distintos a los citados anteriormente únicamente precisarán cumplir la condición b) anterior, considerando para ella una esfera de 15 cm de diámetro.

Para las características mecánicas, el DB SUA indica que las barreras de protección deben poseer una resistencia y una rigidez suficiente para resistir la fuerza horizontal establecida en el apartado 3.2.1 del documento del CTE relativo a las acciones en la edificación: CTE DB Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación (DB SE-AE) realizado por el Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana (2009), en función de la zona en que se encuentren.

El DB SE-AE indica en el punto 3.2 Acciones sobre barandillas y elementos divisorios que la estructura propia de las barandillas, petos, antepechos o quitamiedos de terrazas, miradores, balcones o escaleras deben resistir una fuerza uniformemente distribuida en dirección horizontal de un valor característico que varía en función de la categoría de uso del edificio. La zona de aplicación de la fuerza debe situarse a 1,2 m o sobre el borde superior del elemento, cuando esté situado a menos altura. En la Tabla 1 se reproduce la información del DB SE-AE.

**Tabla 1.** Acciones sobre las barandillas y otros elementos divisorios (DB SE AE).

Categoría de uso	Fuerza horizontal (kN/m)
C5	3.0
C3, C4, E, F	1.6
Resto de casos	0.8

Las categorías de uso indicadas por el documento se muestran en la Tabla 2.

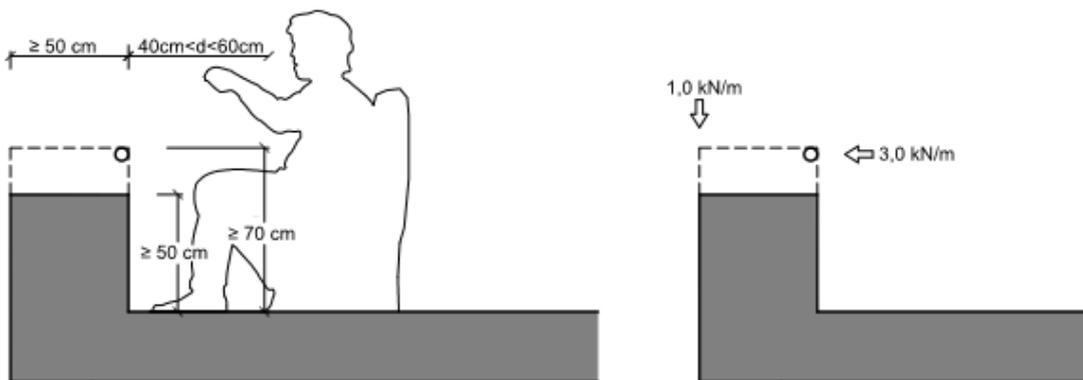
**Tabla 2.** Categorías de uso (DB SE AE).

Categorías de uso	
A	Zonas residenciales
B	Zonas administrativas
C	Zonas de acceso al público (excepto las pertenecientes a las categorías A, B y D)

<b>C3</b>	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.
<b>C4</b>	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas
<b>C5</b>	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)
<b>D</b>	Zonas comerciales
<b>E</b>	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30kN)
<b>F</b>	Cubiertas transitables accesibles solo privadamente
<b>G</b>	Cubiertas accesibles únicamente para conservación

Cuando las barreras de protección estén situadas delante de una fila de asientos fijos, la altura podrá reducirse hasta 70 cm en el caso de que la barrera de protección incorpore un elemento horizontal de 50 cm de anchura, como mínimo, situado a una altura de 50 cm, como mínimo.

En ese caso, la barrera de protección será capaz de resistir una fuerza horizontal en el borde superior de 3 kN/m y simultáneamente con ella, una fuerza vertical uniforme de 1.0 kN/m, como mínimo, aplicada en el borde exterior (Figura 3).



**Figura 3.** Barreras de protección delante de una fila de asientos (DB SUA).

## DISEÑO DE BARANDILLAS EN ESTADOS UNIDOS

Habitualmente, en EE.UU. las barandillas se diseñan usando los criterios especificados en el International IBC y/o la OSHA. Sin embargo, en ocasiones también se emplean las normas y reglamentos locales o de agencias normativas gubernamentales. A continuación, se indican los requisitos en los que se enmarca el diseño de barandillas en EE.UU.:

- La mayoría de los documentos consultados especifican una altura mínima de 1067 mm  $\pm$  3 mm (42 pulgadas  $\pm$  3 pulgadas).
- Las cargas de diseño suelen especificar cargas uniformemente repartidas y cargas puntuales.
- Las cargas uniformemente repartidas simulan el empuje de un grupo de personas apoyadas sobre la barandilla y, en consecuencia, ejerciendo aproximadamente una carga repartida y de dirección horizontal. Los valores de esta carga varían en

función de los códigos analizados y oscilan entre 292 N/m y 730 N/m (20 y 50 libras por pie) aplicadas en la parte superior de la barandilla.

- Las cargas puntuales simulan el efecto de una persona apoyada sobre la barandilla o impactando sobre ella como consecuencia de una caída. La mayoría de los códigos estadounidenses y agencias normativas gubernamentales especifican como valor de esta carga el de 890 N (200 libras). Esta carga se aplica en el lugar y la posición más desfavorables para el sistema.
- Los sistemas se calculan para ambos tipos de carga, uniformemente repartida y puntual, pero no con una aplicación simultánea.

El IBC es un código de construcción que proporciona los requisitos mínimos que deben cumplir las barandillas situadas en los edificios. Es el documento habitualmente empleado en EE.UU., los códigos locales pueden establecer requisitos distintos a los del IBC, pero no deberían ser menores. En la sección 1015 se especifican los requisitos a cumplir por las barandillas, un resumen de ellos se expone a continuación:

- Necesidad de barandillas. Las barandillas deben colocarse cuando exista un riesgo de caída superior a 762 mm (30 pulgadas).
- Altura de la barandilla. La altura debe ser superior a 1067 mm (42 pulgadas).
- Limitación de aperturas. Las aperturas no deben permitir el paso de una esfera de 101.6 mm de diámetro (4 pulgadas).
- Requisitos de resistencia. En la zona superior deben ser capaces de resistir una carga uniformemente repartida de 730 N/m (50 libras por pie). Además deben ser capaces de resistir una carga puntual de 890 N en cualquier punto y en cualquier dirección. Estos dos tipos de carga no se aplican a la vez.

## **COMPARACIÓN ENTRE LA NORMATIVA DE ESTADOS UNIDOS Y DE ESPAÑA**

Resulta significativo que, a pesar de que en ambas naciones las barandillas están destinadas al mismo propósito, sin embargo los requisitos especificados para estos sistemas difieren de forma significativa en ambos países. Se van a analizar las diferencias en tres aspectos: i) la obligatoriedad de disponer estos sistemas, ii) sus requisitos geométricos y iii) sus requisitos mecánicos.

- i) Obligación de colocar barandillas de protección. En España es necesario disponer de una barrera de protección cuando exista un desnivel superior a 55 cm, mientras que en EE.UU. ese valor se incrementa hasta 76 cm.
- ii) Altura de la barandilla. En España se establecen alturas comprendidas entre 90 y 110 cm, dependiendo de la diferencia de cota existente, En EE.UU. se establece una altura mínima de 107 cm.
- iii) Resistencia de la barandilla. En España se establece una carga horizontal uniformemente repartida cuyo valor varía en un intervalo 0.8 – 3.0 kN/m en función del uso del edificio. En EE.UU. se establece un diseño con dos tipos de carga: una carga uniformemente repartida de valor 730 N/m y una carga puntual de valor 0.89 kN.

## ESTUDIO DE CASOS

Para poder evaluar el alcance de las diferencias existentes entre los requisitos especificados por el IBC y por el CTE, se va a proceder al estudio de casos. Se va a evaluar el caso más sencillo: una barandilla de protección de acero formada por dos postes y un elemento horizontal superior. La elección de este tipo de barandilla permite identificar claramente las cuestiones conceptuales sin “perderse” en la mecánica de cálculos más complejos que supondría la evaluación de otro tipo de barandillas.

Para poder calcular una barandilla de protección se necesita establecer el formato de seguridad empleado. Esto supone la elección del método de cálculo (estados límites o tensiones admisibles), combinaciones de acciones y valores de los coeficientes de seguridad.

El IBC no especifica el formato de seguridad a emplear y la lectura de los documentos del CTE tampoco deja perfectamente claro este punto. Sin embargo parece razonable, y es la práctica habitual, emplear el formato de seguridad que habitualmente se emplea en cada nación cuando se calcula la estructura de un edificio teniendo en cuenta el ~~en función~~ del material constituyente de la barandilla.

Para los cálculos con la normativa de EE.UU. se va a emplear el procedimiento del American Institute of Steel Construction (AISC) (2022) basado en la mayoración de cargas y minoración de resistencia de los materiales (LFRD). Con este procedimiento las acciones se mayoran con el coeficiente 1.6 y la resistencia del acero se minora multiplicando la tensión en el límite elástico por el coeficiente 0.9.

Los cálculos con la normativa española se realizan utilizando el Código Estructural editado por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (2021), los coeficientes de mayoración de las acciones se toman del documento correspondiente del CTE, Documento Básico Seguridad Estructural editado por el Ministerio de Fomento (2019). De esta forma las acciones se mayoran con el coeficiente 1.5 y la resistencia del material se minora dividiendo el límite elástico por el valor 1.05.

El modelo de cálculo realizado considera dos postes perfectamente empotrados en la base y una barandilla biapoyada en ellos. González et al. (2011) han validado este modelo en otros estudios para comprobaciones resistentes. Sin embargo no es válido para evaluaciones relacionadas con la rigidez debido a que la hipótesis de empotramiento perfecto en la base de los postes es muy difícil de cumplir. Debido a que las normas de España y EE.UU. no establecen comprobaciones de desplazamiento, el modelo es perfectamente válido.

En el caso de la normativa de EE.UU., el modelo se carga con dos tipos de acciones que no se aplican de forma simultánea. Una acción uniformemente repartida situada en un plano horizontal y actuando sobre la barandilla y una carga puntual horizontal actuando sobre la sección central de la barandilla, que es la más desfavorable.

En el caso de España, únicamente existe la acción uniformemente repartida, aplicada de la misma forma que en EE.UU.

La barandilla se calcula como una viga simplemente apoyada, estando situados los apoyos en el punto de conexión de los postes. El poste se calcula como una ménsula empotrada

en su parte inferior y con una carga puntual que es la reacción del apoyo de la barandilla. Para la evaluación del poste frente a la carga puntual, se considera la carga actuando directamente en la parte superior del poste, que es la hipótesis más desfavorable.

En ambos casos el cálculo realiza obteniendo el momento resistente que debe aguantar la sección de los postes y de la barandilla. Para los postes se va a escoger un tubo rectangular, mientras que la barandilla se va a diseñar con una sección circular tubular.

En las Tablas 3 y 4 se resumen los cálculos realizados para el cálculo de la barandilla y el poste en España y en EE.UU.

La primera columna de las tablas especifica el tipo de carga empleado, uniforme o puntual; en la segunda se indica la normativa empleada, de España o EE.UU.; las columnas 3-5 contienen la información relativa a las acciones, carga sin mayorar en la columna 3, coeficiente de mayoración de cargas en la columna 4 y carga mayorada en la columna 5; en las columnas 6-8 se muestran los resultados de la resistencia del material, límite elástico del acero en la columna 6, coeficiente de minoración de la resistencia en la columna 7 y resistencia de cálculo del material en la columna 8; finalmente las columnas 9-11 contienen el cálculo de las solicitaciones y el resultado obtenido como sección necesaria de barandilla o poste, en la columna 9 se indica el momento de cálculo, en la columna 10 se muestra el momento resistente que debe poseer la sección para aguantar el momento de cálculo y en la columna 11 se da la solución que posee el momento resistente de la columna anterior.

Si se analizan los resultados obtenidos sobre la barandilla y el poste, se puede comprobar que cuando el análisis se realiza utilizando la carga uniformemente repartida, la normativa de España y de EE.UU. conducen al mismo resultado debido a que se compensan casi perfectamente las diferencias en los valores de carga a utilizar con los coeficientes empleados en el cálculo. Sin embargo, cuando se calcula la barandilla para la carga puntual, el cálculo en EE.UU. supone la necesidad de utilizar un perfil de un tamaño superior. El hecho de que el dimensionamiento haya que realizarlo con la carga uniformemente repartida o con la carga puntual depende de la longitud de la barandilla. Cuanto mayor sea ésta, más peso adopta la carga repartida sobre la carga puntual. Para valores de longitud superiores a 2.44 m, el dimensionamiento en barandillas de acero hay que realizarlo para la carga uniformemente repartida mientras que para valores menores, el dimensionamiento se realiza para la carga puntual. Esto significa que para luces de barandillas inferiores a 2.44 m, el método de dimensionamiento en EE.UU. es más exigente que el español y para valores superiores a 2.44 m se obtiene el mismo resultado.

**Tabla 3.** Cálculo de la barandilla.

Tipo carga	Carga repartida		Carga puntual		
Nación		España	EE.UU.		EE.UU.
Acciones	Carga	0.8	0.73	Carga	0.89
	$q_0$ (kN/m)			$Q_0$ (kN)	
	Coeficiente mayoración	1.5	1.6	Coeficiente mayoración	1.6
	$\gamma_f$			$\gamma_f$	

	Carga mayorada $q_d$ (kN/m) $q_d = \gamma_f \cdot q_0$	1.2	1.2	Carga mayorada $Q_d$ (kN) $Q_d = \gamma_f \cdot Q_0$	1.4
Resistencia	Limite elástico $f_y$ (MPa) Coeficiente minoración $\gamma_s$	275	275	Limite elástico $f_y$ (MPa) Coeficiente minoración $\gamma_s$	275
	Resistencia de cálculo $f_{yd}$ (MPa) $f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s}$	262	248	Resistencia de cálculo $f_{yd}$ (MPa) $f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s}$	248
Cálculo	Momento de cálculo $f_{yd}$ (MPa) $M_d = \frac{q_d \cdot L^2}{8}$	0.73	0.73	Momento de cálculo $f_{yd}$ (MPa) $M_d = \frac{Q_d \cdot L}{4}$	0.78
	Momento resistente necesario $W_n$ (mm <sup>3</sup> ) $W_n = \frac{M_d}{f_{yd}}$	2771	2944	Momento resistente necesario $W_n$ (mm <sup>3</sup> ) $W_n = \frac{M_d}{f_{yd}}$	3158
	<b>Solución</b> $W_{pl} \geq W_n$	<b>33.7x3.2</b>	<b>33.7x3.2</b>	<b>Solución</b> $W_{pl} \geq W_n$	<b>33.7x4.0</b>

**Tabla 4.** Cálculo del poste.

Tipo carga		Carga repartida			Carga puntual	
Nación			España	EE.UU.		EE.UU.
Acciones	Carga	$P_0$ (kN)	0.88	0.80	$Q_0$ (kN)	0.89
		$P_0 = q_0 \cdot L/2$				
	Coefficiente mayoración	$\gamma_f$	1.5	1.6	$\gamma_f$	1.6
	Carga mayorada	$q_d$ (kN/m)	1.3	1.3	$Q_d$ (kN)	1.4
		$P_d = \gamma_f \cdot P_0$			$Q_d = \gamma_f \cdot Q_0$	
Resistencia	Límite elástico	$f_y$ (MPa)	275	275	$f_y$ (MPa)	275
	Coefficiente minoración	$\gamma_s$	1.05	1.11	$\gamma_s$	1.11
	Resistencia cálculo	$f_{yd}$ (MPa)	262	248	$f_{yd}$ (MPa)	248
		$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s}$			$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s}$	
Cálculo	Momento cálculo	$M_d$ (kN)	1.5	1.5	$M_d$ (kN·m)	1.6
		$M_d = P_d \cdot L$			$M_d = Q_d \cdot L$	
	Momento resistente necesario	$W_n$ (mm <sup>3</sup> )	5542	5542	$W_n$ (mm <sup>3</sup> )	6316
		$W_n = \frac{M_d}{f_{yd}}$			$W_n = \frac{M_d}{f_{yd}}$	
	<b>Solución</b>	$W_{pl} \geq W_n$	□ <b>50x30</b> <b>x2.5</b>	□ <b>50x30x</b> <b>2.5</b>	$W_{pl} \geq W_n$	□ <b>50x30</b> <b>x3.0</b>

## CONCLUSIONES

En este trabajo se han comparado los procedimientos de dimensionamiento de barandillas permanentes de protección en España y en EE.UU. obteniendo las siguientes conclusiones: i) existen diferencias significativas en los requisitos exigidos en ambas naciones, aunque el riesgo que se asegura es el mismo; ii) la normativa de EE.UU. incorpora en la comprobación una acción puntual que no existe en la normativa española; iii) para barandillas metálicas con luces inferiores a 2.44 m, la situación más desfavorable para el dimensionamiento es la carga puntual. Esto supone que las barandillas calculadas con la normativa de EE.UU. de longitud inferior a 2.44 m dan resultados mayores que las calculadas con la normativa española; iv) para barandillas de luces superiores a 2.44 m, la solución obtenida con la normativa de EE.UU. y de España es la misma; v) el estudio se ha realizado analizando un caso concreto en cuanto a geometría del sistema y materiales empleados. Es necesario en trabajos futuros ampliar la evaluación a casos más complejos y con otros materiales. También es necesario estudiar la conveniencia de establecer un nuevo requisito mecánico de limitar los desplazamientos, tal como sucede de en las barandillas provisionales de obras.

## REFERENCIAS

- American Institute of Steel Construction, INC. (2022). Steel Construction Manual 16th ed. AISC, Chicago.
- Boletín Oficial del Estado. (1999). Ley de Ordenación de la edificación. <https://www.boe.es/eli/es/l/1999/11/05/38/con>
- Bureau of Labor Statistic National. (2019). Census of fatal occupational injuries in 2018. <https://www.bls.gov/news.release/pdf/cfoi>.
- Comité Europeo de Normalización. (2019). EN 13374 Temporary edge protection systems - Product specification, test methods. CEN.
- González, M. N., Cobo, A., Fuente, J. V., Bresó, S. & Lozano, C. (2011). Comportamiento bajo cargas estáticas de sistemas provisionales de protección de borde realizados con elementos de acero. *Informes de la Construcción*, 63(521), 57-67. [<http://dx.doi.org/10.3989/ic.09.070>]
- González, M. N., Cobo, A., Lozano, C. A., & Bresó, S. (2013). Comportamiento de sistemas provisionales de protección de borde de polietileno de alta densidad frente a cargas estáticas y de impacto. *Materiales de Construcción*, 63(310), 283-296. [<http://dx.doi.org/10.3989/mc.2012.07111>]
- González, M. N., Cobo, A., Castaño, A., & Prieto, M. I. (2015). A comparison of the resistance of Temporary Edge Protection Systems to static and dynamic loads. *Informes de la Construcción* 67(538), 1-10. [<http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.161>]
- International Code Council. (2021). International Building Code. United States of America.
- Sánchez, H. (2008). Código Técnico de la Edificación: antecedentes, novedades y repercusiones. Asociación Española para la Calidad. <http://www.camarazaragoza.com/medioambiente/docs/bibliocamara/documentobibliocamara251.pdf>.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2022). Documento Básico SUA Seguridad de utilización y accesibilidad. Código Técnico de la Edificación. Madrid.
- Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana. (2009). Documento Básico SE - AE Seguridad Estructural - Acciones en la Edificación. Código Técnico de la Edificación. Madrid.
- Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. (2021). Código Estructural. Madrid.
- Ministerio de Fomento. (2019). Documento Básico SE Seguridad Estructural, Madrid.
- Occupational Safety and Health Administration. (2015). Fall Protection in Construction. OSHA United States Department of Labour.
- Occupational Safety and Health Administration. (2016). *1926.502: Safety and Health Regulations for Construction*. [Online], OSHA United States Department of Labour.