

## SISTEMA PROVISIONAL DE PROTECCIÓN DE BORDE PARA TABLERO Y HORMIGÓN

# PREVENIR LA CAÍDA DE ALTURA

Los sistemas provisionales de protección de borde son una importante medida preventiva en edificación y otras estructuras contra las caídas de altura desde forjados, losas para escaleras y cubiertas. Este artículo ofrece la visión de un sistema que, a la vez que trata de cumplir las especificaciones de la norma UNE-EN 13374, aporta una solución integral para el control de caída al vacío, desde que es colocado el tablero para un forjado hasta su hormigonado. Incorpora los métodos de ensayo empleados para su validación.

Por **JULIO JAVIER SORIA PEÑA**. INGENIERO TÉCNICO DE OBRAS PÚBLICAS. TÉCNICO SUPERIOR EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. INSTITUTO RIOJANO DE SALUD LABORAL.



**E**l riesgo de caída de altura es uno de los más importantes a considerar en el sector de la construcción, principalmente cuando se trata de obras de edificación. Así lo avalan los datos estadísticos relativos a la accidentalidad por sectores. Si se estudian detenidamente dichos datos, en función de la «forma o contacto que ocasionó la lesión» y por el «agente de la desviación», se aprecia un grupo muy importante de accidentes ocurridos como consecuencia de la ejecución de forjados, losas para escaleras y cubiertas, o bien mientras se trabajaba sobre estos elementos o simplemente cuando se desplazaba personal a través de ellos y han sufrido una caída al vacío por un hueco o el perímetro exterior.

Según el artículo 14 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario tiene el deber de proteger a sus trabajadores frente a los riesgos laborales. Tal como recoge el artículo 15 de la citada ley, relativo a los principios de la acción preventiva, el empresario debe evaluar los riesgos que no se hayan podido evitar. Hay que conocer las

situaciones peligrosas que pueden convertirse en riesgos para los trabajadores, evaluarlas y adoptar medidas preventivas para controlar dichos riesgos, de modo que se transformen en tolerables al adoptar medidas de prevención y de protección. Otra de las disposiciones establecidas en ese artículo 15 es que deben combatirse los riesgos en el origen, de tal manera que se elimine o reduzca y se controle el riesgo lo antes posible, sin que llegue a materializarse en un accidente. Asimismo, se determina que, cuando se adopten medidas preventivas, deben anteponerse las de protección colectiva a las individuales para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores y, en particular, al controlar el riesgo de caída a distinto nivel.

Por otro lado, solamente deberían emplearse sistemas de protección colectiva de cuya resistencia y comportamiento se tuvieran garantías. Por este motivo, es prioritario que se utilicen sistemas que cumplan los requisitos establecidos en las distintas normas UNE, las cuales han sido elaboradas para cumplir una serie de especificaciones técnicas que determinan la idoneidad del producto. Tal es el caso que para la prevención →

*Los sistemas provisionales de protección de borde tienen que estar formados por barandilla principal, barandilla o protección intermedia y plinto*

de caídas a distinto nivel en edificios y otras estructuras existe la norma UNE-EN 13374 «Sistemas provisionales de protección de borde. Especificaciones del producto, métodos de ensayo» (en adelante SPPB), publicada por AENOR en diciembre de 2004.

**ASPECTOS GENERALES DE LA NORMA UNE-EN 13374**

Varias de las definiciones y requisitos más significativos establecidos en la norma UNE son las siguientes:

- **Sistema de protección de borde (SPB):** conjunto de componentes destinados a proteger a las personas contra caídas a un nivel inferior y a retener materiales.
  - **Barandilla principal:** larguero o elemento continuo que forma la parte superior del SPB. La altura mínima medida perpendicularmente a la superficie de trabajo deber ser de 1 m.
  - **Barandilla intermedia:** larguero colocado entre la barandilla principal y la superficie de trabajo. Si se dispone de barandilla intermedia, cualquier apertura no debe dejar pasar una esfera de más de 470 mm de diámetro.
  - **Protección intermedia:** barrera de protección formada entre la barandilla y la superficie de trabajo (por ejemplo con un mallazo).
  - **Plinto o rodapié:** elemento vertical específicamente previsto para prevenir la caída o deslizamiento de materiales o personas fuera de una superficie. Su altura mínima debe ser al menos de 150 mm. y no debe dejar pasar una esfera de 20 mm. entre la superficie de trabajo y este elemento.
- Los materiales empleados para la fabricación de los SPB deben satisfacer las

normas europeas y podrán emplearse aceros, aluminio, madera, los destinados a redes de seguridad, etc.

Los SPPB establecidos en la norma UNE tienen que estar formados por alguna de las siguientes composiciones de elementos:

- Barandilla principal, barandilla intermedia y plinto.
- Barandilla principal, protección intermedia y plinto.

La norma UNE determina tres clases de SPPB en función de los usos a los que se destinen:

- **Clase A.** Proporciona resistencia únicamente para cargas estáticas.
- Soporte para una persona que se apoye o para sujetar su mano cuando camina.
- Detener una persona que camina o cae en la dirección de la protección.

- Si no hay barandilla intermedia o ésta no es continua, como por ejemplo red de seguridad y mallazo, no debe permitir el paso de una esfera de 250 mm.

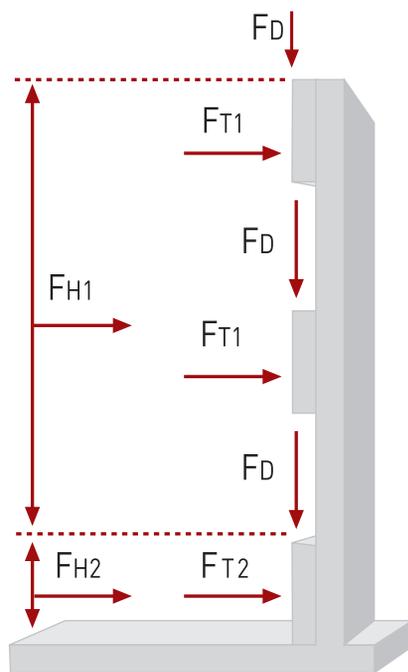
**Clase B.** Proporciona resistencia exclusivamente para cargas estáticas y fuerzas dinámicas débiles.

- Soporte para una persona que se apoye o para sujetar su mano cuando camina.
- Detener una persona que camina o cae en la dirección de la protección.
- Detener la caída de una persona que se desliza por una superficie inclinada.
- Cualquier apertura debe impedir el paso de una esfera de 250 mm. de diámetro.

**Clase C.** Proporciona resistencia para fuerzas dinámicas elevadas cuando resbala una persona por una fuerte pendiente.

- Cualquier apertura debe impedir el paso de una esfera de 100 mm. de diámetro.

**Figura 1.** Cargas perpendiculares, horizontales y verticales.



- Leyenda**
- $F_D = 1,25 \text{ kN}$
  - $F_{T1} = 0,3 \text{ kN}$  (flecha máxima 55 mm.)
  - $F_{T2} = 0,2 \text{ kN}$  (flecha máxima 55 mm.)
  - $F_{H1} = 0,3 \text{ kN}$
  - $F_{H2} = 0,3 \text{ kN}$
  - $F_D =$  Carga accidental
  - $F_{T1} =$  Fuerza aplicada para cumplir los requisitos de flecha (aplicada a las barandillas y postes, perpendicularmente al plano de sistema)
  - $F_{T2} =$  Fuerza aplicada para cumplir los requisitos de flecha (aplicada al plinto)
  - $F_{H1} =$  Fuerza aplicada para cumplir los requisitos de resistencia (aplicada a un punto cualquiera perpendicularmente al plano del sistema, excepto los plintos)
  - $F_{H2} =$  Fuerza aplicada para cumplir los requisitos de resistencia (aplicada al plinto)



### Cargas estáticas (clases A y B)

Las cargas mínimas que deben soportar los SPB son:

- El conjunto del SPB y cada uno de sus componentes, excepto los plintos, deben soportar una carga  $F_{H1} = 0,3$  KN, aplicada perpendicularmente al poste.
- **Plintos:** debe resistir una carga de  $F_{H2} = 0,2$  KN en la posición más desfavorable.
- Cada protección de borde y cada uno de sus elementos debe soportar una fuerza horizontal  $F_{H2} = 0,2$  kN aplicada en el punto más desfavorable (carga paralela a la barandilla).
- **Estado límite de servicio:** la flecha elástica no debe ser mayor de 55 mm. La flecha elástica se define como la flecha de todo el sistema montado al que se aplican las fuerzas  $F_{T1}$  o  $F_{T2}$  en la posición más desfavorable.
- **Carga accidental:** aplicable a barandilla superior, barandilla intermedia y

*La norma UNE-EN 13374 define tres tipos de sistemas provisionales de protección de borde en función de los usos para los que sean destinados*

plinto. Carga puntual hacia abajo  $F_D = 1,25$  KN aplicada sobre una longitud de 100 mm. Se aplica al mallazo con apertura de anchura superior a 100 mm. (Figura 1)

La norma UNE diferencia los requisitos a cumplir en función de la flecha elástica (deformación) y de la resistencia. La metodología para cada ensayo es similar pero difiere en la cuantía de la carga y de los intervalos en que se aplica. El ensayo que determina la flecha tiene por fin comprobar la capacidad de deformación del sistema, según el criterio de estado límite de servicio. El objetivo del ensayo que determina la resistencia es evaluar dicho parámetro bajo el criterio de estado límite último.

Otro aspecto a verificar es la capacidad de recuperación del sistema, comprobando la deformación residual tras la aplicación del ciclo de carga y antes de la evaluación de la resistencia última. (Tabla 1)

### Carga dinámica

**Clase A.** No se especifica ninguna carga dinámica.

**Clase B.** Debe poder absorber una energía cinética de 1100 J en cualquier sitio a lo largo de la protección, a una altura de 200 mm. por encima de la superficie de trabajo y de 500 J en todas las partes a mayor altura.

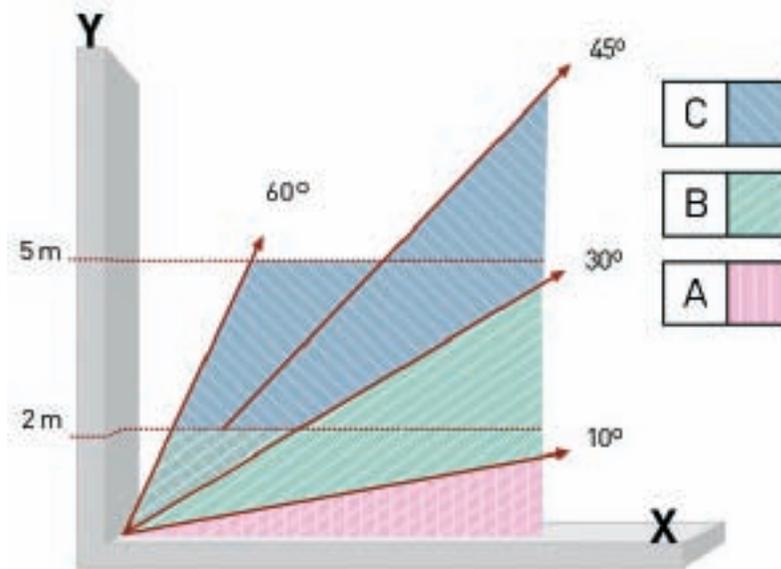
**Clase C.** Debe poder absorber una energía cinética de 2200 J en cualquier sitio a lo largo de la protección, a una al- →

tura de 200 mm. por encima de la superficie de trabajo. Esta prueba debe realizarse según el método de ensayo especificado para redes de seguridad tipo U, según la norma UNE-EN 1263-1.

**Anexo B de la norma UNE-EN 13374**

- La clase A no debe ser utilizada para pendientes superiores a 10°.
- La clase B puede utilizarse hasta ángulos de plataforma de trabajo:
  - De 30° sin limitación alguna de altura de caída.
  - De 60° y altura de caída máxima de 2 m.
- La clase C puede utilizarse si el ángulo de la plataforma de trabajo está entre:
  - 30° y 45° sin limitación de altura de caída.
  - 45° y 60° y altura de caída inferior de 5 m. (Figura 2)

**Figura 2.** Clases para utilizar en diferentes inclinaciones y alturas de caída.



**Leyenda**  
 X Inclinación de la superficie de trabajo  
 Y Altura de caída

**SISTEMA DE PROTECCIÓN**

Según lo expuesto, el sistema de protección diseñado pretende cumplir tanto los requisitos exigidos por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales como por la norma UNE-EN 13374: al incorporar la protección colectiva desde el origen del riesgo y al buscar un sistema que cumpla los requisitos para las clases A, B y C de la citada norma.

Este sistema de protección de borde se ha diseñado para que sea funcional tanto para tablero como para hormigón. Su montaje se podrá realizar desde el mismo momento en que se coloca el ta-

blero de encofrar y se conoce la posición de la tabica. Está especialmente pensado para los encofrados totales aunque podría colocarse en todos los tableros de encofrar con los ajustes precisos para los casos más excepcionales. Desde el momento en que se fija al tablero no es necesaria su retirada hasta que se proceda al cierre de fachada, por lo que se mantendrá la protección durante las distintas labores en fase de estructura, colocación de viguetas, bovedillas, armadura y hormigonado. Este sistema se ha diseñado para que no suponga un im-

pedimento mientras se realizan los citados trabajos, en especial al colocar los zunchos perimetrales, que son los elementos más próximos a la protección, los cuales deben solaparse, para lo que es preciso un movimiento en horizontal junto a la tabica que sirva para su ajuste. Durante el hormigonado de las plantas no será precisa su retirada, por lo que los trabajadores gozarán, además, de una seguridad en dicho proceso.

**DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

El sistema de protección de borde diseñado se compone de las siguientes piezas:

- **Pie:** pieza formada por una chapa plegada en ángulo recto. En el centro de la pieza, junto al ala vertical, dispone de un tubo soldado dentro del cual se introducirá el poste por gravedad. El tubo se encuentra separado 2 cm. de la tabica, lo cual permitirá un recubrimiento de hormigón –empotramiento– a la vez que una separación mínima del zuncho perimetral con respecto

**Tabla 1.** Las cargas aplicadas en función de los tipos de ensayos a realizar para un mallazo de acero son las siguientes:

	Marco superior (centro)	Centro del mallazo	Plinto	Poste
Ensayo de deformación (KN)	0,30	0,30	0,20	0,30
Ensayo de resistencia (KN)	0,50	0,50	0,35	0,50

del borde del forjado. Tanto el tubo del pie como el poste disponen de un orificio, perfectamente alineados, con el fin de introducir un pasador que evite posibles deslizamientos del poste respecto de la base cuando se vean sometidos a los distintos esfuerzos. El pie se encuentra anclado al tablero mediante seis puntas de cabeza plana de 17x70 mm., dispuestas en posición triangular con el fin de aumentar la superficie de agarre. (Imagen 1)

■ **Poste:** el poste o montante es un tubo de acero al cual se le han practicado distintos orificios en la parte superior destinados a albergar una pieza denominada «horquilla de sujeción», la cual servirá para sustentar la barandilla al poste a la altura necesaria en función de si trabaja sobre tablero o en hormigón, con espesores de canto del forjado o losas comprendidos entre 20 cm. y 40 cm., aunque estas medidas se pueden ajustar a las necesidades de la obra. En la generatriz ortogonal a la de los citados agujeros dispone de otros dos orificios con el fin de anclar los «brazos de apoyo» mediante un simple pasador antirretorno. Cada uno de estos agujeros permite una apertura mayor o menor de dichos brazos, en función del vuelo del tablero existente, por lo que el sistema gana estabilidad cuanto mayor separación exista entre el poste y la base de los brazos de apoyo. En la zona inferior presenta otro orificio destinado a un pasador que sirva de unión con el poste a la pieza denominada «pie».

■ **Brazos de apoyo:** son los elementos que transmitirán, principalmente, los esfuerzos al tablero. Se encuentran formados por dos pletinas de acero. Parten de los alojamientos destinados en el poste y sujetos al mismo mediante un pasador antirretorno, abrazando a dicho poste desde el exterior de su diámetro. Presentan una forma en V con

### *El sistema de protección de borde presentado está compuesto por pie, poste, brazos de apoyo, barandilla, horquilla anti giro, pasador y placas de señalización*

el fin de aumentar la separación de apoyos en su base y ganar estabilidad y un mayor reparto de cargas. En la parte inferior se asienta una pieza denominada base formada por una pletina con cinco orificios para alojar los anclajes al tablero mediante puntas de cabeza plana de 17x70 milímetros. (Imagen 2)

■ **Barandilla:** la solución adoptada integrada en un solo bloque todos los requisitos mínimos de obligado cumplimiento establecidos por la normativa –barandilla, protección intermedia y rodapié–, así como los parámetros dimensionales exigidos por la norma UNE-EN 13374 ya citada. Dispone de un marco perimetral de 1.115 mm. de altura. Soldado a éste se encuentra un mallazo metálico al cual se le incor-

pora el plinto con una altura de 160 mm. Esta protección queda sujeta ante el poste mediante la «horquilla anti giro». Se pretende que esta barandilla, así como el resto de elementos que conforman el SPB, cumplan los requisitos de la clase A, B y C, indicados por la norma UNE-EN 13374 con el fin de disponer de un solo conjunto para todas las posibles situaciones que se den en la obra (forjados planos, losas inclinadas, cubiertas de pequeña y fuerte pendiente, etc.). (Imagen 3)

■ **Horquilla anti giro:** varilla en forma de «C» que se introduce en los orificios del poste donde se aloja el marco de la barandilla, sin posibilidad de salirse de su ubicación, salvo acción voluntaria, debido a un sistema antirretorno formado por un trinquete que →



Imagen 1. Pie.



Imagen 2. Brazos de apoyo.



Imagen 3. Protección intermedia.



Imagen 4. Horquilla anti giro.



Imagen 5. Pasador.

*Los SPB han sido sometidos a ensayos estáticos y dinámicos, como establece la norma, y a una serie de pruebas no oficiales para verificar la respuesta del sistema*

cae por gravedad al librar el orificio exterior del poste. (Imagen 4)

■ **Pasador:** varilla longitudinal que retiene a los brazos de apoyo en el poste e impide que éste salga de su alojamiento en el tubo del pie. Al igual que la pieza denominada horquilla antigiro, dispone de un sistema formado por un trinquete que cae por gravedad en el momento de librar el orificio exterior del poste. Tal como se ha definido el sistema, debe disponerse de dos pasadores por cada montante cuando trabaje sobre tablero. (Imagen 5)

■ **Placas de señalización:** con el fin de cumplir los requisitos establecidos en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, todas las barandillas tendrán una señal en forma de panel que advierta del riesgo de caída a distinto nivel. (Figura 3)

■ **Materiales:** los materiales empleados para las distintas piezas del sistema de protección de borde serán de acero galvanizado (tratamiento específico para evitar la oxidación y degradación de las piezas expuestas a la intemperie).

#### MONTAJE Y DESMONTAJE DEL SISTEMA EN OBRA

##### ■ Montaje sobre tablero

El montaje en obra del SPB es sumamente sencillo e intuitivo. Una vez colocados los tableros del encofrado y replanteada la posición de la tabica, se clavará la pieza denominada pie mediante puntas de cabeza plana de 17x70 mm. (puntas habitualmente empleadas por los encofradores). Por gravedad se in-

troducirá el poste en el tubo existente en dicha pieza y se colocará el pasador antirretorno en el orificio inferior destinado a tal fin, uniendo de esta manera ambas piezas –pie y poste–. A continuación se fijará la pieza denominada brazos de apoyo sobre el poste, introduciendo el pasador superior entre dichos brazos y el poste, en el orificio más bajo posible de los dos existentes, en función del vuelco de los tableros, con el fin de aportar mayor estabilidad al SPB. Una vez asentada la pletina inferior se clavará al tablero mediante puntas de similares características a las ya indicadas.

Por último, habrá de colocarse la protección –barandilla– que integra la barandilla superior, protección intermedia y plinto o rodapié. Con el fin de im-

pedir un posible vuelco del tablero ante un impacto de un trabajador, en el vuelco del mismo, donde se claven los brazos de apoyo, deberá instalarse un puntal que transmita los esfuerzos al forjado inferior. Además se anclarán, mediante puntas, los tableros de borde a las sopandas de apoyo. Como medida para la recuperación de la pieza denominada pie, deberá quedar impregnada con desencofrante, previo a su hormigonado, para facilitar dicha operación.

##### ■ Desarrollo de los trabajos

Una vez montado el SPB se puede proceder a la colocación del resto de los materiales necesarios para la ejecución de los forjados o losas –armaduras, viguetas, bovedillas, etc.–. Especial atención se debe prestar a la colocación del zuncho perimetral, ya que éste se ubicará junto a la pieza denominada pie. Así se consigue una separación mínima de la armadura –aproximadamente 5 cm.–,

Figura 3. Caída a distinto nivel.





*El montaje sobre tablero del SPB es sumamente sencillo e intuitivo; cuando se hormigona, no precisa montajes adicionales al quedar empotrado directamente*

obligatoria según la Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE), y se evita, además, la colocación de los separadores para obtener los recubrimientos mínimos de hormigón. Es importante destacar que todos los materiales alojados encima del tablero aportarán mayor estabilidad al SPB mediante el peso propio y la trabazón entre ellos, que tenderán a fijar los tableros evitando un posible vuelco de los mismos ante un impacto de un trabajador. Una vez clavada la tabica y colocado el citado material, necesariamente se elevará la cota de trabajo donde van a pisar los trabajadores, por lo que asimismo deberá elevarse la barandilla a la altura que ocupará el canto del forjado, es decir, por encima de la tabica. De esta manera los trabajadores que circulen por la nueva superficie siempre mantendrán una protección de altura no menor a 1 m., sin necesidad de retirar ningún elemento del SPB. A partir de este momento se podrá hormigonar la planta manteniendo instalado el SPB. En todo caso, la protección, una vez

fraguado el hormigón, deberá quedar a la cota final del canto de forjado, aunque la norma admite una pequeña separación, de 20 milímetros como máximo, entre el borde inferior y la superficie de trabajo.

#### ■ Montaje en el hormigón

Como se ha especificado, este sistema no precisa realizar ningún montaje adicional al quedar hormigonado. Una vez fraguado el hormigón y adquirida su resistencia característica, se retirarán los brazos de apoyo, mediante la extracción del pasador que les mantenía sujetos al poste, y el desclavado de la base al tablero, operación que consiste en mover de forma manual dichos brazos hasta su suelta; todo ello previa retirada de los puntales situados debajo del borde del citado tablero. A partir de aquí el siste-

ma trabajará empotrado en el hormigón, actuando principalmente la pieza denominada pie a través del ala vertical de la chapa.

#### ■ Desmontaje del SPB

Cuando se proceda a la colocación del cerramiento exterior de fachada se podrá retirar la protección colectiva. Bastará con extraer la horquilla antigiro de su ubicación y apartar la barandilla, retirar el pasador que sujetaba el poste al pie y sacar dicho poste de forma manual. Por último, bastaría con golpear hacia abajo la boca del tubo situado en el pie con el fin de recuperar la citada pieza por la parte inferior del forjado. Se procederá de similar forma cuando se deba retirar temporalmente el SPB para introducir o sacar material de planta, colocación de plataformas voladas, →



**Imagen 6.** Secuencia de imágenes del primer ensayo clase C.

colocación de bajantes para retirada de escombros, etc., ya que todos los elementos se montarán por gravedad, incluidos pasadores manuales y puntas.

**PRUEBAS REALIZADAS**

Tal como indica la norma UNE-EN 13374, los ensayos realizados han sido fundamentalmente de dos tipos: estáticos y dinámicos. Por otro lado, se llevaron a cabo una serie de pruebas no oficiales con el propósito de verificar el sistema y mejorar el mismo antes de los ensayos oficiales.

Las pruebas no oficiales tuvieron lugar sobre SPB clase C, ya que es el ensayo más restrictivo y exigente en cuanto a

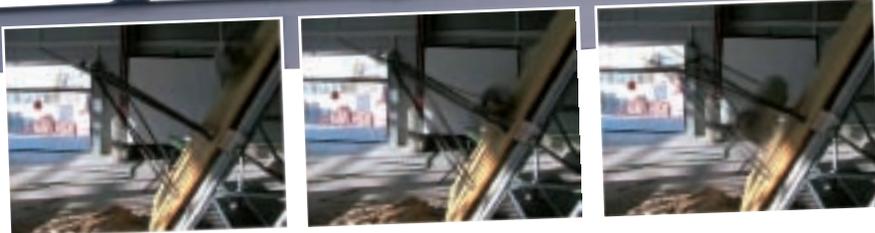


energía y deformación. Los ensayos tuvieron lugar en las instalaciones de la Fundación Laboral de la Construcción de La Rioja. Se montó una rampa, como establece la norma UNE-EN 1263-1, con tableros cosidos perfectamente sobre tablonos, y se fabricó un rodillo aproximado al exigido por dicha norma. Se emplearon dos bloques de ensayos con varias muestras en cada uno de ellos, las cuales presentaban distintas variaciones en su composición. Se constató que el

sistema de protección, en función de las mejoras realizadas en las muestras, llegaba a retener el rodillo en su impacto. Se incluye una secuencia de cada prueba realizada con éxito. (Imágenes 6 y 7)

Además de estas pruebas se realizaron tres bloques de ensayos estáticos en la Universidad de Burgos (Departamento de Ingeniería Civil, Área de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras), con el fin de averiguar el comportamiento de los elementos que han de soportar las cargas, pie y poste. De los tests realizados con sus variaciones en cada prueba se obtuvieron diversas conclusiones. La principal fue la necesidad de incluir un pasador que impidiera el movimiento entre el poste y el tubo del pie, lo cual garantizaba un movimiento solidario de ambas piezas y una mejora sustancial en los esfuerzos a soportar. (Imagen 8) →

**Imagen 7.** Secuencia de imágenes del segundo ensayo clase C.





**Imagen 8.** Secuencia de imágenes de ensayos realizados en la Universidad de Burgos.

*El SPB es muy versátil a las distintas circunstancias constructivas, pudiendo ser usado para cualquier emplazamiento donde haya riesgo de caída a distinto nivel*

rrió algo similar, el sistema sobre el tablero provocó el vuelco del mismo. Este inconveniente puede solventarse al incorporar mayor número de anclajes entre los tableros y las correas donde apoyan, así como al colocar dos puntales en los extremos de los tableros, uno por cada brazo de apoyo, con el fin de evitar el giro. Las pruebas efectuadas para la clase A sobre tablero cumplieron, en general, las expectativas marcadas por la norma UNE. Tan sólo el ensayo de resistencia sobre el poste delató una insuficiencia en el anclaje del mismo. Esto puede quedar resuelto al aumentar el número de puntas, al ser éstas de mayor sección o ambas soluciones a la vez. (Imagen 9)

Sin embargo, el ensayo clase C sobre hormigón determinó la necesidad de realizar un sistema de protección menos rígido, ya que el cilindro de caucho salió rebotado después de impactar sobre la barandilla, cosa que no tuvo lu-

gar en las pruebas no oficiales realizadas con anterioridad ya que se empleó un rodillo fabricado a base de mortero, evidentemente mucho más rígido. (Imagen 10)

Los resultados sobre hormigón fueron satisfactorios en general. Tan sólo se requerebró el hormigón cuando se produjo el impacto sobre la zona alta del poste durante el ensayo clase B, cuestión que podrá solventarse si se aumenta la sección de chapa vertical de la pieza denominada pie, al repartir los esfuerzos en secciones mayores, reduciendo así las tracciones del hormigón.

**VENTAJAS DEL SPB DISEÑADO**

- **Combate el riesgo desde el origen.** Este SPB permite su utilización desde el mismo momento en que es colocado el tablero para encofrar y se determina la ubicación de la tabica, por lo que se controla el riesgo de caída →

Otro bloque de ensayos más amplio se realizó en el laboratorio de AIDICO –Instituto Tecnológico de la Construcción, Unidad Técnica de Seguridad, ubicado en Paterna (Valencia). Se efectuaron pruebas de tipo estático y dinámico, tanto sobre tablero como en hormigón. En general, los resultados fueron satisfactorios cuando el sistema se encontraba embebido en hormigón, y fueron un tanto dispares al trabajar sobre tablero. El principal problema planteado sobre tablero para el ensayo clase B fue su vuelco cuando recibía el impacto en las zonas más altas del sistema, mientras que era satisfactorio en los impactos a cotas inferiores. Para la clase C ocu-

**Imagen 9.** Secuencia de imágenes de ensayos clase B sobre hormigón.





Imagen 10. Secuencia de imágenes de ensayos clase B sobre tablero.

a distinto nivel desde prácticamente el origen del mismo.

■ **Funcional.** Sin necesidad de realizar montajes adicionales, da continuidad a la protección mientras se realizan todos los trabajos de estructura –colocación de viguetas, bovedillas, armadura, hormigonado, etc.–, es decir, su aplicación es hasta el mismo momento en que se elimina el mencionado riesgo. Cuando como consecuencia de la colocación de dichos materiales aumenta la cota de trabajo, se garantiza la altura mínima de la protección con tan sólo levantar la barandilla y volverla a fijar al poste mediante la horquilla de sujeción.

■ **Rentable.** Este medio de protección requiere un único montaje, cuando se coloca el tablero, y no será necesario su desmontaje hasta el cierre de fa-

chada. Esto ahorra mano de obra con respecto a otros sistemas de protección que deben ser montados y desmontados en dos ocasiones, uno sobre tablero y otro sobre hormigón.

■ **Económico.** Solamente se debe invertir en la compra de un SPB en lugar de comprar dos tipos, uno para tablero y en ocasiones otro para hormigón. Ello implica optimizar los medios de protección al disponer de un único sistema para todas las fases de obra.

■ **Versátil.** Este sistema de protección permite ser usado para cualquier emplazamiento en la obra donde exista el riesgo de caída a distinto nivel –forjados planos, losas de escalera, cubiertas con distintas inclinaciones, etc.–; por lo tanto, es muy versátil a las distintas circunstancias constructivas.

■ **Reutilizable.** Los materiales son de acero y totalmente recuperables, lo que permite su reutilización en numerosas puestas, consiguiéndose una amortización importante del sistema de protección de borde. Además, no será necesaria la compra de sistemas completos, ya que una vez se haya hormigonado se podrá prescindir de la pieza denominada brazos de apoyo, que servirá para las protecciones de las plantas superiores en fase de montaje sobre tablero.

■ **Rápido.** El sistema se basa en un montaje por gravedad y mediante anclajes a tableros a través de las puntas que habitualmente son empleadas por los encofradores. Esto permite reducir los tiempos de montaje y desmontaje con el consiguiente ahorro de mano de obra. Además, tal como se ha diseñado este sistema, la retirada temporal de la protección, con motivo de introducir o sacar material sobre las distintas plantas, se podrá hacer con absoluta rapidez.

■ **Sencillo.** Uno de los principios presentes en el diseño ha sido su sencillez a la hora de facilitar el montaje en obra, ya que los trabajadores necesitan equipos y sistemas de protección muy intuitivos que no supongan dificultad alguna ni que puedan dar lugar a equívocos en su montaje.

■ **Integral.** Además, se ha pretendido integrar en un solo conjunto todos los elementos que marca la legislación como mínimos a cumplir –barandilla, protección intermedia y rodapié–. De esta manera se consigue un ahorro de tiempo en el montaje y desmontaje de todo el sistema y se evitan olvidos o negligencias al no colocar alguno de los elementos exigidos por la reglamentación, normalmente el plinto o rodapié.

*Rapidez de montaje, reutilización de materiales y funcionalidad son algunas de las ventajas que ofrece el sistema de protección de borde diseñado*

*El sistema propuesto incorpora algo a lo que la legislación vigente obliga y que hoy por hoy no se cumple en su verdadera magnitud en las obras de construcción: la señalización*

■ **Práctico.** Se ha buscado un sistema eminentemente práctico y sencillo al integrar en un solo conjunto los tres tipos de sistemas provisionales de protección de borde que marca la norma UNE –clase A, B y C–. Se ha optado por esta solución porque en una misma obra podría darse el caso de ser necesarias dos o las tres clases, con los consiguientes gastos en medios de protección: uno para forjados horizontales (clase A), otro para cubiertas de pendiente suave (clase B) e incluso otro más para cubiertas de fuerte pendiente (clase C).

■ **Útil.** Mediante la utilización de este sistema de protección va a garantizarse un recubrimiento mínimo de la armadura del zuncho perimetral. El

zuncho debe hacer tope con la pieza denominada pie, el cual va a proporcionar una separación con respecto a la tabica de aproximadamente 5 cm. Ello supone, por un lado, el garantizar el recubrimiento exigido por la normativa de aplicación como es la Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE) y, por otro, el evitar tener que colocar separadores en la armadura.

■ **Conveniente.** Se ha incorporado al sistema algo que la legislación vigente obliga y que hoy por hoy no se cum-

ple en su verdadera magnitud en las obras de construcción que se realizan en España: la señalización. Tal como establece el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, entre otras cosas, se deben señalar las situaciones de prohibición, obligación y advertencia en el lugar donde sea necesario. De esta manera se recuerda a los trabajadores, en este caso, el riesgo que existe detrás del sistema provisional de protección de borde (SPPB). ♦