



Señora

Edna Marcela Ramírez Orozco

Directora de Nuevas Creaciones

Superintendencia de Industria y Comercio

E. S. D.

Referencia: Solicitud de PCT Patente de Invención denominada “ELEMENTO PREFABRICADO DE LOSA DE ENTREPISO, ESTRUCTURA QUE COMPRENDE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE LOSA DE ENTREPISO E INSTALACIÓN PARA OBTENER EL ELEMENTO PREFABRICADO DE LOSA DE ENTREPISO”

Asunto: Respuesta al Requerimiento No. 13261 del 24 de agosto de 2022

Expediente No. NC2020/0011218

Juan Carlos Cuesta Quintero, mayor de edad, identificado como aparece al pie de mí firma, obrando en mi calidad de apoderado de **ELASTIC POTENTIAL, S.L.**, doy respuesta al Oficio No. 13261 del 24 de agosto de 2022, bajo los siguientes términos:

1. De la solicitud de patente

1.1. Reivindicaciones

El examinador objeta la claridad del capítulo reivindicatorio, argumentando lo siguiente:

En la reivindicación 4, dependiente de la reivindicación 1, el preámbulo reclama un “*Elemento prefabricado de losa de entepiso (T1) (...)*”, pero la reivindicación 1 hace referencia a un “*Elemento prefabricado de losa de entepiso (1) (...)*”, por lo cual no es claro si la referencia “T1” es un error de digitación o se trata de otra modalidad del elemento prefabricado, la cual debería ser reclamada en una reivindicación independiente. Se recomienda hacer la aclaración o corrección.

En las reivindicaciones 12 y 15 reclaman una “*Instalación (IM1)*” y una “*instalación (IM11)*” para la fabricación de “elementos prefabricados de losa de entepiso (1, 2, 3)” pero en el pliego no reclaman ningún elemento prefabricado de losa de entepiso explícitamente denominado “(3)” por lo cual no es claro a qué se refieren con esa referencia. Se sugiere hacer la aclaración o eliminar esa referencia numérica (3) de las reivindicaciones.



Para darle claridad a los capítulos descriptivo y reivindicativo se sugiere usar un mismo nombre y referencia para las partes constituyentes de la invención a lo largo de toda la solicitud. Por ejemplo, en la reivindicación independiente 12 hablan de un “*molde rotatorio (110)*” y en su reivindicación dependiente 14 se refieren a un “*molde rotatorio (110)*”, no siendo claro si se están refiriendo a la misma pieza en ambas reivindicaciones.

La expresión: “(...) *siendo el sistema resistente a momentos (MS) una prolongación superior del elemento de soporte lineal (LS), un concreto vertido entre una prolongación superior del elemento de apoyo lineal (LS) y la cara extrema (11), un concreto vertido entre la cara extrema (11) y otro elemento prefabricado de losa de entrepiso dispuesto con su propia cara extrema frente a la cara extrema (11), o un concreto vertido sobre el elemento de soporte lineal (LS) que incluye armadura de refuerzo que se extiende desde su parte superior para formar un sistema moldeado in situ resistente a momentos de torsión*” (Reiv 7), no es limitativa, porque hace opcionales dichas características que definen la estructura del sistema resistente a momentos (MS) y no limitan el alcance de dicha reivindicación independiente. Se sugiere incluir las características opcionales o preferentes en una reivindicación dependiente.

La característica: “(...) *que comprende un saliente superior (TS) en un borde superior de las caras laterales (22) (...)*” (Reiv. 5), donde reclaman las características del elemento prefabricado de losa de entrepiso (2), no se encuentra sustentada en la parte de la descripción donde se refieren a dicha modalidad (Pág. 19. Lin. 34 a Pág. 20. Lin 2). Igual sucede con la característica “(...) *o un concreto vertido sobre el elemento de soporte lineal (LS) que incluye armadura de refuerzo que se extiende desde su parte superior (...)*” (Reiv. 7), la cual no se encuentra en la parte de la descripción donde explican las posibles configuraciones que puede asumir el sistema resistente a momentos (MS) (Pág. 25. Lin. 22 a 27). Por lo tanto, se sugiere incorporarlas en el capítulo descriptivo. Dicha modificación no supone ampliación de materia, puesto que las reivindicaciones iniciales se presentaron con la descripción.

La reivindicación 7 presenta como características técnicas esenciales de la invención ventajas técnicas, al mencionar: “(...) *para formar un sistema moldeado in situ resistente a momentos de torsión*”, las cuales no se aceptan como características técnicas ya que no definen específicamente la estructura de la invención. Las reivindicaciones deben caracterizar un producto por su forma o constitución y las partes que lo componen, y el procedimiento por la secuencia de etapas técnicas que inciden sobre una materia que se encaminan a la obtención de una cosa o resultado.



Las siguientes frases: "*(...) de manera que permitan formar ranuras verticales continuas en los elementos prefabricado de losa de entepiso (2, 3) (...)*" (Reiv. 13) y "*(...) de manera que permite formar ranuras horizontales continuas sobre los elementos prefabricados de losa de entepiso (1, 3) (...)*" (Reiv. 14), sugieren un resultado a alcanzar y no definen al producto, puesto que la reivindicación incluiría no sólo la solución propuesta por el solicitante, sino todas las alternativas presentes o futuras que lleguen a ese resultado. Se sugiere reemplazar por las características esenciales que contribuyen a la obtención de ese efecto.

Las reivindicaciones independientes 7, 8 y 11 no son concisas porque la reivindicación 11 solo hace referencia a las reivindicaciones 7 y 8 sin agregar ninguna característica técnica adicional; en consecuencia, presentan el mismo alcance. Se recomienda eliminarla.

La frase "*(...) utilizando concreto seco (...)*", incluida en el preámbulo de la reivindicación 12, sugiere el uso que puede darse al producto reivindicado, el cual no es una característica técnica que defina a la invención. Se sugiere eliminarla.

Con el fin de subsanar estas objeciones, el solicitante presenta un nuevo capítulo reivindicatorio, en el cual se han hecho las siguientes correcciones y modificaciones:

Reivindicación 1: se añade la característica "y no comprende ranuras longitudinales"

Reivindicación 4: se corrige la referencia, que no debería ser T1, sino 1.

Reivindicaciones 12 y 15: Se corrige la referencia IM11 pues debería ser IM1. Se retira la referencia 3.

Reivindicación 12: se corrige el error tipográfico, 110 pasa a ser I10.

Reivindicación 7: se pasan a una nueva reivindicación dependiente 8 las opciones.

Reivindicación 5: se han añadido literalmente en la memoria descriptiva las características mencionadas. La opción "o un concreto vertido sobre el elemento de soporte lineal (LS) que incluye armadura de refuerzo que se extiende desde su parte superior" se ha suprimido.

Reivindicación 7, se ha sustituido la expresión "para formar un..." por "de modo que constituye un..." para que quede claro que no se trata de una característica reivindicada si no que se trata de una explicación de lo que se obtiene con las características enunciadas previamente. Si el Examinador lo considera necesario, se puede eliminar.



Reivindicaciones 13 y 14: Se han retirado las expresiones objetadas, pues explican el resultado obtenido con las características enunciadas anteriormente en esas mismas reivindicaciones, pues son precisamente los moldes rotatorios los que dan lugar a las ranuras.

Reivindicación 11: se ha eliminado.

Reivindicación 15: se ha añadido la característica “separados por espacios (G22) que permiten que el aire se escape a su través”.

Estas modificaciones están plenamente sustentadas por la solicitud tal como fue radicada originalmente y no constituyen ampliación de materia.

1.2. Descripción

El examinador objeta la claridad de la descripción, argumentando lo siguiente:

Para darle claridad a los capítulos descriptivo y reivindicativo se sugiere usar un mismo nombre y referencia para las partes constituyentes de la invención a lo largo de toda la solicitud. Por ejemplo, en la página 35, línea 9, hablan de un “*elemento de soporte lineal LS*” y en la misma página, líneas 19 y 24, se refieren con igual referencia a una “*losa de compresión LS*”; igual sucede con “*armadura AS*” (Pág. 35. Lin.14), “*refuerzo de acero AS*” (Pág. 35. Lin. 21) y “*refuerzo negativo AS*” (Pág. 35. Lin. 28).

La descripción no divulga las características: “*(...) que comprende un saliente superior (TS) en un borde superior de las caras laterales (22) (...)*” (Reiv. 5) y “*(...) o un concreto vertido sobre el elemento de soporte lineal (LS) que incluye armadura de refuerzo que se extiende desde su parte superior (...)*” (Reiv. 7). Por lo tanto, se sugiere incorporarlas en el capítulo descriptivo, dicha modificación no supone ampliación de materia, puesto que las reivindicaciones iniciales se presentaron con la descripción.

Con el fin de subsanar las objeciones presentadas por el examinador, el solicitante acoge sus sugerencias y presenta una nueva memoria descriptiva donde se han hecho las siguientes correcciones:

Respecto a “losa de compresión LS”, que lleva a confusión porque tiene la misma referencia que el “elemento de soporte lineal LS”, se trata de un error tipográfico. La losa de compresión es por definición la capa más superior de la estructura mostrada, y tal como se puede apreciar en la figura 17 la referencia correcta es LC. Además, más abajo en la propia descripción la



referencia utilizada (correctamente) para dicha losa es LC. Por eso se ha cambiado en la descripción.

Respecto a “refuerzo negativo AS” se ha sustituido por “armadura AS”.

Respecto a la objeción relativa a *“que comprende un saliente superior (TS) en un borde superior de las caras laterales (22) (...)” (Reiv. 5) y “(...) o un concreto vertido sobre el elemento de soporte lineal (LS) que incluye armadura de refuerzo que se extiende desde su parte superior (...)”*, ya se abordó en la sección anterior.

1.3. Dibujos

El examinador objeta la claridad de los dibujos argumentando lo siguiente:

Las gráficas mostradas en las figuras 56 y 57 no son claras ya que carecen de las unidades de medida y el nombre de lo representado en cada eje cartesiano y los nombres de las curvas graficadas, se sugiere agregar esa información.

Los nombres de los ejes de la gráfica mostrada en la figura 34 están en inglés, se recomienda indicarlos en español.

La parte marcada con la referencia H en la figura 6, señala la misma parte denominada 26 en dicha figura y no concuerda con la parte marcada con la referencia H en la figura 7, se solicita hacer la aclaración o corrección respectiva.

Con el fin de subsanar las objeciones presentadas por el examinador, el solicitante presenta unas nuevas figuras 56, 57, 34 y 6.

2. Examen de Patentabilidad

2.1. Novedad

El examinador objeta la novedad de la reivindicación 1 a la luz de las enseñanzas de cualquiera de los documentos DE10105488 (en adelante D1) y US4205029 (en adelante D2); así mismo, objeta la novedad de la reivindicación 5 a la luz de las enseñanzas de cualquiera de los documentos FR293564 (en adelante D3) y US2012/167502 (en adelante D4); de igual forma, objeta la novedad de la reivindicación 12 a la luz de las enseñanzas de cualquiera de los documentos US4125348 (en adelante D2) y D1.

Con el fin de subsanar las objeciones del examinador, el solicitante ha modificado el capítulo reivindicatorio, así como también hace las siguientes aclaraciones:



Destacamos que en nuestra reivindicación 1 especificamos que las ranuras son transversales y continuas. Se puede apreciar que las concavidades o ranuras que aparecen en D1 no son continuas, sino que son una pluralidad de concavidades que no se pueden considerar como continuas, pues se cruzan con canales longitudinales.

En nuestro caso, la presencia de ranuras longitudinales está prohibida, pues llevarían a que las ranuras fuesen discontinuos en el sentido en que la superficie de apoyo que permite realizar la tracción en el sentido longitudinal, por mediación de una capa de compresión y armado que se reivindican en las reivindicaciones de sistema, también tiene que ser continua. En caso contrario, no habrá suficiente superficie de apoyo para poder hacer tracción.

Para dejar clara esta diferencia, se propone introducir en la primera reivindicación la aclaración. Por lo que respecta a la reivindicación 5, se reivindica la presencia de los salientes superior e inferior, que precisamente operan junto con las ranuras verticales.

La reivindicación 12 se ha modificado añadiéndole todas las características de la reivindicación 14 original.

Las reivindicaciones 13 y 14 originales se han eliminado.

Consideramos que la reivindicación 12 modificada presenta novedad con respecto a aquello divulgado puesto que permite fabricar elementos de losa de entrepiso que tienen ranuras continuas.

Tal como se menciona en el Oficio, las instalaciones del estado de la técnica permiten marcar elementos prefabricados con una celosía nervada. Precisamente, una celosía nervada es lo que se quiere evitar, pues es insuficiente para resistir las fuerzas de tracción que aparecen cuando la losa de entrepiso se integra en estructuras que comprenden una capa de compresión armada destinada a resistir esfuerzos de tracción.

2.2. Nivel Inventivo

El examinador objeta el nivel inventivo de la reivindicación 2 a la luz de las enseñanzas de los documentos D1 y D3, argumentando lo siguiente:

“La diferencia entre la invención definida en la reivindicación 2 y la losa de hormigón divulgada de D1 consiste en disponer de un saliente inferior (TL) en un borde inferior de las caras laterales y un saliente superior (TS) en un borde superior de las caras laterales siendo el saliente inferior (TL) más largo que el saliente superior (TS) en la dirección transversal (Y).



El efecto que se logra al incluir dichas salientes es facilitar la unión entre las losas prefabricadas cuando se unan en sitio mediante el vaciado de concreto para formar una cuña de unión.

Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: ¿Cómo modificar la losa de concreto conocido en D1 con el fin de facilitar la unión entre las losas prefabricadas cuando se unan en sitio mediante el vaciado de concreto?

Sin embargo, el incluir salientes inferior y superior en las caras laterales de una losa de concreto siendo la saliente inferior más saliente que la superior para facilitar la unión entre las losas prefabricadas cuando se unan en sitio mediante el vaciado de concreto, ya está divulgado en el documento D3 que se refiere a una placa alveolar antisísmica 1 de concreto rectangular utilizable en el sector de la construcción que dispone de una saliente inferior y una saliente superior en las caras laterales 13, siendo la saliente inferior de mayor ancho que la saliente superior (Pág. 6, Lin. 6 a 8. Figs. 1 y 3).

En consecuencia, la persona normalmente versada en la materia estaría motivada a incluir dichas salientes del documento D3 en la losa prefabricada de D1, para así llegar al objeto de la reivindicación 2. Por lo cual se considera obvia.”

De igual forma, objeta el nivel inventivo de la reivindicación 3 a la luz de las enseñanzas combinadas de los documentos D1 y D5, argumentando lo siguiente:

“La diferencia entre la invención definida en la reivindicación 3 y la losa de hormigón divulgada de D1 consiste en disponer de ranuras en sus caras laterales.

El efecto que se logra al incluir dichas ranuras laterales es facilitar la unión entre las losas prefabricadas cuando se unan en sitio mediante el vaciado de concreto para formar una cuña de unión.

Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: ¿Cómo modificar la losa de concreto conocido en D1 con el fin de facilitar la unión entre las losas prefabricadas cuando se unan en sitio mediante el vaciado de concreto?

Sin embargo, el incluir ranuras laterales para facilitar la unión entre las losas prefabricadas cuando se unan en sitio mediante el vaciado de concreto, ya está



divulgado en el documento D5 que se refiere a una máquina para hacer losas prefabricadas que dispone de unos rodillos laterales 18a y 18b, para hacer ranuras laterales 26 en una losa de concreto 16. (Col. 3. Lin. 12 a 33. Fig. 5).

En consecuencia, la persona normalmente versada en la materia estaría motivada a incluir dichas ranuras laterales del documento D5 en la losa prefabricada de D1, para así llegar al objeto de la reivindicación 3. Por lo cual se considera obvia.

Las reivindicaciones dependientes 2 y 3 no mencionan alguna característica que, junto con las características de la reivindicación independiente, aporten nivel inventivo al producto de la reivindicación 1, por lo cual se considera que no tienen nivel inventivo.”

Con el fin de subsanar las objeciones presentadas por el examinador, el solicitante presenta las siguientes observaciones y aclaraciones:

La reivindicación 1 presenta las siguientes características distintivas frente a D1:

“1. Elemento de piso prefabricado (1)..., caracterizado porque comprende ranuras superiores continuas transversales (15) en la cara plana superior (14) y no comprende ranuras superiores continuas longitudinales”

En cambio, **D1** revela una losa de hormigón prefabricada que tiene una rejilla de ranuras ("Rillengitters" 44, véase, por ejemplo, párrafo 30).

Algunas ventajas técnicas de las características distintivas frente a una cuadrícula de ranuras, como se describe en la página 9 ln. 16-34 de la solicitud tal como fue presentada, en el apartado denominado “v) Deben preferirse los salientes lineales a los salientes aislados” (obsérvese que una rejilla de ranuras genera los salientes aislados a los que se refiere este apartado de la memoria).

A continuación, como se establece en la página 52, líneas 28 a 34, y en otras secciones de la especificación original, “ranuras y protuberancias son solo dos formas de referirse a la misma cosa. Uno puede entender que entre cada par de ranuras hay una protuberancia o viceversa. Por lo tanto, definir surcos es equivalente a definir indirectamente protuberancias”.

Las cuatro razones por las que se prefieren las protuberancias lineales (o ranuras) a las protuberancias aisladas (equivalentes a una cuadrícula de ranuras, como en **D1**) se describen en detalle en la solicitud original y se resumen a continuación:



- 1) mayor resistencia de la unión -contra la fuerza de corte horizontal paralela a la dimensión larga de los elementos de piso prefabricados- debido a una sección transversal más grande de las protuberancias (o ranuras),
- 2) más fácil remoción del molde al producir el elemento de piso prefabricado, porque el molde tiene menos aristas,
- 3) la ausencia de caras de protuberancias (o ranuras) que toman fuerza cortante horizontal en la dirección transversal (paralelas a la luz de las vigas), por lo que las protuberancias (o ranuras) no tienen que soportar esta fuerza adicional, y
- 4) la ausencia de caras de salientes (o ranuras) que se opongan a la contracción diferencial en la dirección transversal, evita el fenómeno de una deflexión de la capa de compresión que tiende a levantar la capa de compresión que debilitaría la unión.

Todas las aseveraciones anteriores se basan en pruebas de pruebas descritas en la solicitud. En la solicitud original, se puede encontrar el resultado de una serie de ensayos que estudian la resistencia al corte horizontal real de diferentes tipos de superficie de contacto entre el elemento de piso prefabricado y el revestimiento. Se probaron diferentes superficies, incluyendo:

- a) superficies lisas;
- b) superficies cepilladas (con ranuras de profundidad similar a las descritas en **D1**);
- c) superficies con una serie de orificios de 20 mm de profundidad (mucho más profundos que las protuberancias);
- d) ranuras continuas transversales de 10 mm y de 20 mm (como las descritas en la solicitud).

Las pruebas mencionadas se repitieron con diferentes edades de hormigón y diferentes formulaciones del hormigón colado in situ.

Todos los resultados obtenidos se encontraron consistentes y se pueden resumir en la Fig. 51 y la Fig. 52 de la solicitud. Algunas de las principales conclusiones también se describen desde la página 42 (línea 35) hasta la página 43 (línea 13).

En particular, véanse las líneas 5 a 9 de la página 43 de la solicitud (consultando la Fig. 52).

Está claro que el rendimiento de los surcos transversales es mucho mejor que el de una matriz de agujeros (equivalente a una cuadrícula de surcos). La resistencia al corte de la superficie con



una serie de agujeros es de 0,20 MPa. Este es un rendimiento muy pobre en comparación con el de las ranuras transversales, incluso si tienen solo 10 mm de profundidad (0,75 MPa). Además, la profundidad de la cuadrícula de ranuras en **D1** es mucho menor que la matriz de orificios probada, por lo que se espera que la cuadrícula de ranuras de **D1** funcione incluso peor que la matriz de orificios. Entonces, la resistencia esperada en **D1** estaría muy por debajo de 0,20 MPa.

Todo esto se puede entender mejor, al ver que **D1** da una descripción muy específica de las dimensiones para la rejilla de ranuras. En **D1**, todas las ranuras están definidas para tener solo un ancho superior de 5 mm, un ancho inferior de 2 mm y una profundidad total de 5 mm. Este tipo de ranuras muy poco profundas y muy estrechas, no permitirán que el agregado del hormigón del acabado entre en las ranuras. Mientras que, en la solicitud actual (páginas 40-41 y figuras 10 a 12), las dimensiones de las ranuras están diseñadas específicamente para permitir que los agregados más grandes entren correctamente en las ranuras.

Por lo tanto, considerando **D1** como el estado de la técnica más cercano, el problema técnico objetivo se puede formular como facilitar la fabricación de elementos de piso prefabricados que incluyan ranuras superiores transversales de tal manera que cuando se coloca una capa superior de hormigón que incluye armadura resistente a momentos negativos, las ranuras puedan resistir **el efecto combinado de la contracción diferencial y de las fuerzas cortantes horizontales en la dirección longitudinal** que son causadas por los momentos de flexión resistidos por el sistema de resistencia de momento formado por la acción combinada de los elementos de piso prefabricados, el revestimiento, el refuerzo embebido en la cubierta y el elemento (viga o muro) que soporta los elementos de piso prefabricados.

¿La solución al problema técnico objetivo está en **D1**?

No. A pesar de que **D1** discute que la rejilla de ranuras está destinada a mejorar la conexión del elemento de piso prefabricado y el acabado superficial, **D1** no describe que dicha conexión tenga el propósito de mejorar la resistencia al corte horizontal de la unión.

Además, no se hace mención en **D1** a los momentos de flexión ni a la contracción diferencial.

Como no se hace mención en **D1** a la resistencia al corte horizontal, ni a la resistencia a la flexión, ni a la contracción diferencial; no se propone ninguna solución en **D1** para tales problemas.

¿Habría sido obvio para el experto en la materia llegar a la solución enunciada en la reivindicación 1 a la luz de **D1**?

No, no hay ninguna enseñanza en el documento que hubiera motivado al experto en la materia a modificar la estructura de las ranuras superiores descritas en **D1** para obtener las mencionadas características diferenciadoras para solucionar el mencionado problema técnico objetivo.



Nivel Inventivo de la Reivindicación 5

La reivindicación 5 presenta las siguientes características distintivas (subrayadas) frente a **D3**:

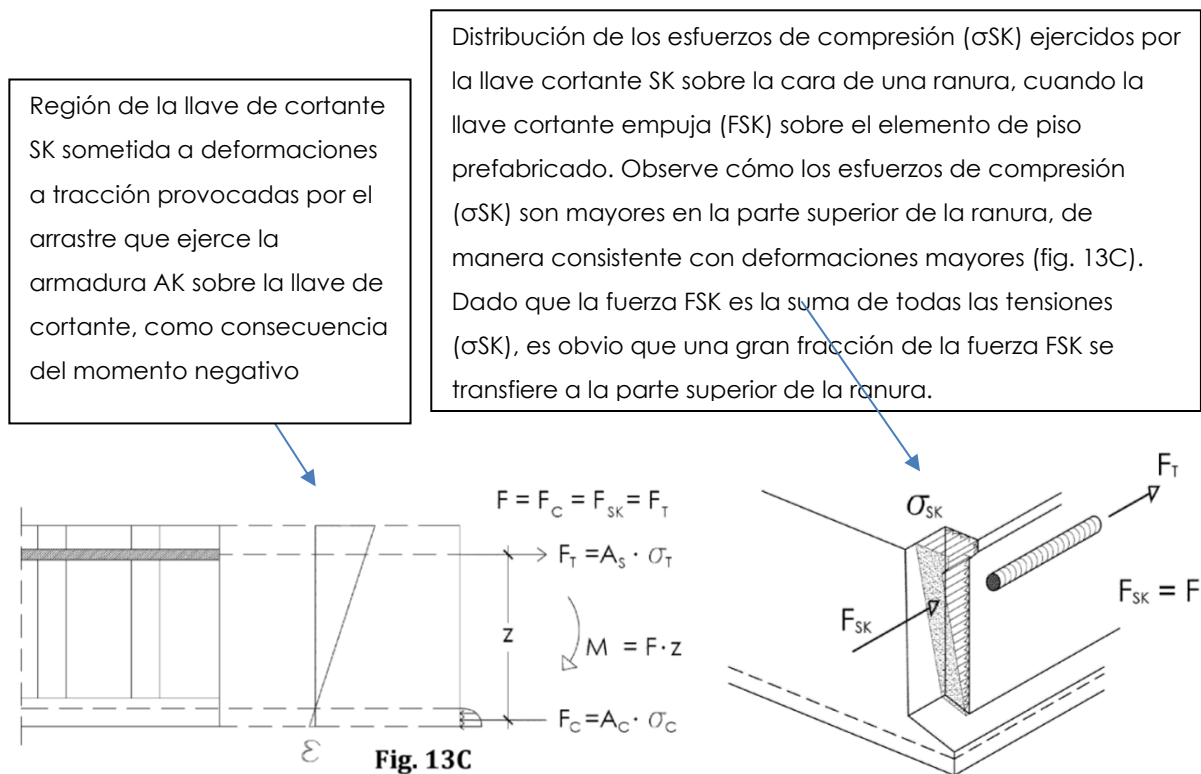
“**5.** Elemento prefabricado de losa de entrepiso (2) de forma alargada en el que se definen una dirección longitudinal (X), una dirección transversal (Y), una dirección de altura (Z), dos caras extremas (21) que delimitan el elemento (2) en la dirección longitudinal (X), dos caras laterales (22) que delimitan el elemento (2) en la dirección transversal (Y), una cara inferior (23) y una cara plana superior (24) que delimitan el elemento (2) en la dirección de la altura (Z), que comprende un saliente inferior (TL) en un borde inferior de las caras laterales (22), **caracterizado porque comprende** ranuras laterales (26) en las caras laterales (24), extendiéndose las ranuras laterales (26) hacia arriba desde el saliente inferior (TL) hasta la cara plana superior (24), y que comprende un saliente superior (TS) en un borde superior de las caras laterales (22)”.

En su lugar, **D3** describe un cuerpo de hormigón (1) que tiene una pluralidad de huecos (14) en las caras longitudinales (13) del cuerpo de hormigón en el que los huecos (14) no cortan los separadores transversales (4) (ver fig. 2 de **D3**). Una de las principales ventajas técnicas de las características distintivas es que permiten la transferencia adecuada de las tensiones causadas por la flexión, desde el elemento de piso prefabricado hasta la llave de corte reforzada (AK) (SK), de modo que el elemento de piso prefabricado y la llave de corte reforzada trabajen juntos para resistir los momentos negativos. Esto se explica en detalle en la sección denominada "Descripción del mecanismo de resistencia a la flexión", y en las figuras 13A a 13D de la solicitud tal como se presentó, y el último párrafo de la sección relacionada resume la ventaja técnica.

Como se y se muestra en la Fig. 13D, las ranuras laterales que cortan la lengüeta superior del elemento de piso prefabricado permiten lograr el comportamiento mecánico deseado: la llave de corte SK, tirada por la armadura AK, ejerce una compresión FSK sobre el elemento de piso prefabricado.

Como se muestra en las figuras 13C y 13D, es importante tener en cuenta que la mayor parte de los esfuerzos de compresión $\square$ SK (y por lo tanto la mayor parte de la fuerza FSK) ejercida por la llave de corte en la ranura del elemento de piso prefabricado se transfieren en la parte superior parte de la llave de corte. Esto se explica por la Fig. 13C donde es claro que las deformaciones son mayores en aquellas partes que están más alejadas del Eje Neutro, por lo que la parte superior de la ranura (26) en los lados de los elementos de suelo prefabricados. Por lo tanto, es obvio que la parte superior de la ranura es una parte particularmente importante de dicha ranura, ya que allí se transfiere la mayor parte de la fuerza.

Esta sección de la solicitud explica cómo las ranuras cortadas en el borde superior permiten, de una manera fácil y efectiva, transferir las tensiones del refuerzo AK al elemento de piso prefabricado cuando el piso está sometido a un momento negativo. Esto sucede porque con el mero relleno de las ranuras con hormigón se crea una llave de corte SK, que es capaz de transferir los esfuerzos de la armadura AK, comprimiéndose en el lado de la ranura del elemento de piso prefabricado como se muestra en las figuras 13 C y 13D:



Por lo tanto, considerando **D3** como el estado de la técnica más cercano, el problema técnico objetivo puede formularse como modificar los elementos prefabricados de forjado para que puedan absorber los esfuerzos que ejercen las armaduras de momento negativo colocadas en las juntas laterales entre forjados, cuando las únicas superficies de contacto entre los elementos de piso prefabricados y el concreto colado in situ son solo las caras laterales de los elementos de piso prefabricados.

¿La solución al problema técnico objetivo está en **D3**? **No**. En **D3**, el problema de resistir momentos negativos ni siquiera se menciona, ya que el enfoque de **D3** es mejorar el desempeño sísmico de los pisos mediante la unión de elementos de piso prefabricados al concreto colado en el trabajo.

Tampoco hay explicación sobre cómo se transfieren las fuerzas a través de las superficies de contacto, cuál es la naturaleza, dirección o posición de las fuerzas transferidas a través de las superficies de contacto.

¿Habría sido obvio para el experto en la materia llegar a la solución enunciada en la



reivindicación 5 a la luz de **D3**? No, no hay ninguna enseñanza en el documento **D3** que hubiera motivado al experto en la materia a modificar la estructura de las ranuras laterales para que tuvieran las características distintivas mencionadas anteriormente para resolver el problema técnico mencionado anteriormente.

Nivel Inventivo de la Reivindicación 12

La reivindicación 12 presenta las siguientes características distintivas (subrayadas) frente a **D1**:

12. Instalación (IM1) para la fabricación de elementos prefabricados de losa de entrepiso (1, 2, 3) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 utilizando concreto seco, que comprende:

- Un encofrado móvil según una dirección longitudinal (X);
- El encofrado comprende un cerramiento frontal (11), dos moldes de cerramiento laterales (12, 13) y un molde de cerramiento superior (14);
- Un cerramiento inferior del encofrado definido por el lecho de colada (F);
- Una tolva (15) que tiene su salida inferior (16) colocada entre la pared frontal (11) y la pared superior (14);...

En cambio, **D1** describe varios dispositivos alternativos (cepillo, rastrillo, rodillo, sello) dedicados a formar las ranuras, pero no a formar el elemento de suelo prefabricado completo. A pesar de que la máquina principal para producir los elementos de piso prefabricados se muestra en una vista general en 3D en varias figuras (Fig.1, Fig.2 y otras), no se hace un dibujo o descripción detallada de sus partes o funcionamiento.

De los dibujos en **D1** no se puede saber si la máquina principal se mueve durante la producción, o si la máquina principal está estacionaria y las losas se extruyen y avanzan siguiendo la dirección de la flecha que se muestra en cada dibujo.

Como ejemplo, véase la columna 2 del texto de la página 2, líneas 14 a 20 (párrafo [0010], donde se puede leer "Tal rastrillo o tal cepillo se pueden montar directamente en el dispositivo para la producción de paneles de piso prefabricados de hormigón pretensado" (esta es una traducción automática del alemán al inglés realizada por el traductor EPO).

Por lo tanto, **D1** no describe un armazón móvil que comprenda una pared frontal, dos paredes de matriz laterales, una pared de matriz superior, una pared de matriz inferior. **D1** tampoco describe una tolva que tenga una salida inferior colocada entre la pared frontal y la pared superior.

Una ventaja técnica de las características distintivas es permitir la producción integral del elemento de piso prefabricado por una sola instalación, capaz de producir elementos de piso prefabricados a la vez que incluyen las ranuras descritas en las reivindicaciones anteriores, y muy particularmente las ranuras profundas colocadas en una dirección perpendicular a la dirección de movimiento del encofrado móvil.



Por lo tanto, considerando **D1** como el estado de la técnica más cercano, el problema técnico objetivo puede formularse como permitir la producción de elementos de piso prefabricados que incluyen ranuras profundas utilizando un encofrado móvil.

¿La solución al problema técnico objetivo está en **D1**? No, como se ha explicado anteriormente, **D1** no describe ningún armazón móvil que comprenda una pared frontal, dos paredes laterales de matriz, una pared superior de matriz, una pared inferior de matriz. **D1** tampoco describe una tolva que tenga una salida inferior colocada entre la pared frontal y la pared superior.

Como no se describe ningún encofrado móvil en la dirección longitudinal, no se presenta ni resuelve ningún problema en cuanto a su idoneidad para la producción de losas con ranuras.

¿Habría sido obvio para el experto en la materia llegar a la solución enunciada en la reivindicación 12 a la luz de **D1**? **No**, no existe ninguna enseñanza en **D1** que hubiera motivado al experto en la materia, para solucionar el problema técnico mencionado.

A la vista de lo expuesto, consideramos que las reivindicaciones independientes 1, 5 y 12 satisfacen todas ellas los criterios de novedad y Nivel inventivo por lo que creemos que procede su concesión.

Conclusiones

Con las enmiendas realizadas a las reivindicaciones y los argumentos proporcionados anteriormente, el solicitante considera subsanadas las objeciones del examinador. En consecuencia y luego de haber presentado los argumentos necesarios y haber realizado las modificaciones pertinentes en el capítulo reivindicatorio de la presente invención, queda evidenciado que la invención cumple con los requisitos de patentabilidad definidos en la Decisión 486 de 2000.

Cordialmente,

Juan Carlos Cuesta Quintero.

C.C. 79.339.809 de Bogotá

T.P. 43.273 del C.S. de la J.

Anexos: Comprobante de pago por modificación voluntaria al capítulo reivindicatorio.

Capítulo descriptivo y reivindicatorio modificados en control de cambios.



Capitulo descriptivo y reivindicatorio modificados en limpio.

Nuevas figuras

ELEMENTO PREFABRICADO DE LOSA DE ENTREPISO, ESTRUCTURA QUE COMPRENDE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE LOSA DE ENTREPISO E INSTALACIÓN PARA OBTENER EL ELEMENTO PREFABRICADO DE LOSA DE ENTREPISO

5

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un sistema constructivo mejorado para losas de entrepiso y su procedimiento de montaje. Las losas de entrepiso están realizados con elementos
10 alargados de concreto prefabricado mejorados y concreto armado colocado en obra capaz de trabajar correctamente junto con los elementos prefabricados gracias a una adecuada adherencia, siendo dichos elementos prefabricados de losa de entrepiso contruidos gracias a instalaciones industriales mejoradas.

15 **ESTADO DE LA TÉCNICA**

Se conocen en la técnica varios sistemas de losa de entrepiso basados en elementos alargados de concreto prefabricado de losa de entrepiso y concreto armado colado en la obra. En aras de la claridad, de aquí en adelante el término elemento de entrepiso alargado se
20 utilizará exclusivamente para referirse a una familia particular de elementos de losa de entrepiso: aquellos que se extienden directamente de un extremo a otro, apoyándose en ambos extremos exclusivamente sobre elementos estructurales primarios (como vigas principales, cerchas o muros). También se incluyen aquellos elementos que trabajen en voladizo siempre que los mencionados elementos de entrepiso estructural sean de una sola
25 pieza. Los elementos de entrepiso estructural mencionados suelen tener un refuerzo de acero continuo de un extremo al otro. Se excluyen de este campo todos aquellos elementos estructurales y/o moldes que forman losas de entrepiso sólo como resultado de una yuxtaposición de elementos en la dirección del vano. Este tipo de elementos que funcionan por adición, típicamente tienen su refuerzo interrumpido en la dirección del vano (y los
30 empalmes de los refuerzos de acero a menudo son necesarios), y también se necesitan puntales y/o encofrados temporales durante el proceso de montaje, ya que estos pequeños elementos estructurales son demasiado pequeños para extenderse desde un apoyo principal (pared, viga, etc.) al siguiente apoyo principal.

35 Para analizar las diferencias entre los sistemas de losas de entrepiso existentes en la actualidad, se pueden estudiar 5 características principales:

A) SECCIÓN TRANSVERSAL de los elementos prefabricados de losa de entrepiso, transversal a su sentido longitudinal;

B) PROCEDIMIENTO DE ALIGERADO EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL para hacer elementos más ligeros y eficientes;

5 C) CANTIDAD DE CONCRETO COLADO IN SITU y su posición relativa en relación a los elementos prefabricados de losa de entrepiso;

D) SISTEMA DE CONEXIÓN para mantener unido el concreto prefabricado con el concreto colado in situ;

E) Existencia de REFUERZO NEGATIVO EFECTIVO para permitir que los entrepisos
10 estructurales resistan momentos negativos sobre los apoyos lineales donde los elementos prefabricados de losa de entrepiso apoyan sus extremos.

Para cada una de las 5 características, se describen las principales soluciones, se mencionan algunos ejemplos y sus principales ventajas y / o inconvenientes.

15 A) SECCIÓN TRANSVERSAL

Se pueden definir dos tipos principales de sección transversal de los elementos. Elementos macizos y elementos aligerados o huecos.

20 Entre los elementos macizos, los más habituales son los denominados prelosas, o medias losas, entre otros nombres. Estos suelen ser elementos sólidos planos de sección rectangular destinados a formar losas sólidas fundiendo cantidades considerables de concreto in situ. Los elementos prefabricados normalmente tienen una altura de alrededor de $1/3$ o $1/2$ de la altura total de las losas de entrepiso terminadas. Entre sus principales ventajas se puede contar que
25 su prefabricación suele ser sencilla. Sin embargo, también se pueden encontrar algunos ejemplos de prelosas muy complejos: QIU ZEYOU (CN 1975058), QIU ZEYOU (CN1944889) y QU, YUAN, ZHOU, LI, WEI (CN201924490). Entre las principales desventajas de los prefabricados (o prelosas) (además de las costosas fabricaciones en algunos casos, como los ejemplos mencionados) está el hecho de que los elementos prefabricados pueden ser
30 pesados y las losas de entrepiso sólidas terminadas son muy pesadas e ineficientes en comparación con las losas de entrepiso aligeradas o huecas.

Entre los elementos prefabricados de losa de entrepiso con sección aligerada o hueca, existe una variedad considerable. Algunos de los más utilizados son las losas alveolares, las losas
35 en doble T y las prelosas (o medias losas) aligeradas. Todas las secciones transversales de estos elementos están diseñadas específicamente buscando su optimización. Esto significa un consumo mínimo de concreto (y acero), y por tanto un coste y peso mínimos, pero también

un momento de inercia máximo y una altura (o peralte) lo más pequeña posible. Las secciones transversales aligeradas siempre tienen un radio de giro mayor (i) que las secciones sólidas con la misma altura (o peralte). Esto significa una relación más alta (Momento de inercia) / (Área). Esto simplemente significa que los elementos prefabricados de sección aligerada o hueca son más eficientes que los elementos prefabricados de sección sólida.

B) PROCEDIMIENTO DE ALIGERADO EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Esta característica, obviamente, sólo es aplicable a elementos prefabricados con secciones transversales aligeradas o huecas. Hay dos estrategias principales para aligerar la sección: usar moldes o encofrados removibles / reutilizables o embeber en la sección encofrados ligeros permanentes (o perdidos).

El uso de moldes o encofrados removibles / reutilizables es típico en elementos como losas alveolares, losas doble T y secciones similares. Es una técnica económica y eficiente, ya que los moldes son reutilizables para una gran cantidad de elementos prefabricados. Sin embargo, los elementos de losa de entrepiso obtenidos con esta técnica tienen un inconveniente importante. Su pequeño tamaño nocional conduce a una rápida retracción inicial del elemento prefabricado. Esto se debe a que estos elementos tienen una sección transversal con un área pequeña en relación a su perímetro.

El embebido de encofrados ligeros permanentes (o perdidos) es una solución utilizada cuando el uso de moldes extraíbles no es posible o es demasiado complicado. Se trata de una solución utilizada en prelosas (o medias losas) aligeradas. Un ejemplo publicado recientemente es JINLONG, JUNWEI, WANYUN (CN 104032870). Estos elementos prefabricados a menudo se fabrican en dos fases principales (tres fases en algunas ocasiones). Una primera fase consiste en colar una losa maciza plana delgada. Una segunda fase consiste en colocar encofrados ligeros permanentes (o perdidos) sobre la losa prefabricada. Y un tercer paso (no siempre existe) es colar nervaduras verticales conectadas a la losa inferior. Esta forma de hacer secciones transversales aligeradas o huecas es algo cara, porque los encofrados permanentes ligeros suelen ser caros, no sólo por el coste del material (normalmente poliestireno o arcilla) sino también por el coste de manipulación durante la colocación de dichos encofrados.

C) CANTIDAD DE CONCRETO COLADO IN SITU

Podemos encontrar principalmente cuatro casos: 1) Aquellos en los que la cantidad de concreto colado en la obra es mayor o similar a la cantidad de concreto del elemento prefabricado, y el concreto se coloca típicamente en todo el elemento prefabricado; 2)

Aquellos en los que el concreto colocado in situ forma una capa relativamente delgada sobre todos los elementos prefabricados, típicamente conocida como losa de compresión; 3) Aquellos en los que la cantidad de concreto colado en obra es mínima y normalmente se coloca sólo en las juntas laterales a lo largo de los lados de los elementos prefabricados; 4)

5 Aquellos donde no se cuela en obra ningún concreto.

Aquellos entresijos estructurales donde la cantidad de concreto colado en obra es mayor o similar a la cantidad de concreto de los elementos prefabricados, son de dos tipos: prelosas (o medias losas) macizas (muy habitual) y losas alveolares donde se abre la cara superior
10 algunos alvéolos (poco usual en la práctica actual). El uso de prelosas (o medias losas) sólidas típicamente provoca que deba resolverse una dicotomía. Cuanto más delgada es la losa sólida prefabricada más flexible es, y mayor es la cantidad (y peso) del concreto que se cuela en la obra, por lo que más intenso se vuelve el apuntalamiento requerido durante el montaje para evitar la deflexión de la delgada losa de entresijo prefabricada (mientras se cuela el concreto
15 in situ, que aún está fresco), por lo que la construcción se vuelve más costosa y lenta. Cuanto más gruesa sea la losa prefabricada maciza, menos flexible será y menor será la cantidad de concreto puesto en obra; por lo que el apuntalamiento requerido durante el proceso de montaje es menor (o innecesario). Pero, incluso si el costo del apuntalamiento puede reducirse o suprimirse para losas prefabricadas sólidas más gruesas, la mayor cantidad de concreto
20 prefabricado a menudo aumenta el costo de toda la estructura, ya que el concreto prefabricado es a menudo más caro por m³ que el colado in situ debido (entre otras razones) al hecho de que el concreto prefabricado es típicamente más rico en cemento y más rico en aditivos. En el caso de losas alveolares donde algunos alvéolos están abiertos en la cara superior, el momento de inercia se reduce por las aberturas superiores (y la losa alveolar se vuelve más
25 flexible). Por lo tanto, las losas generalmente necesitan apuntalamiento in situ para soportar el peso de la considerable cantidad de concreto colado in situ.

Aquellos entresijos estructurales donde sólo se coloca una losa de compresión, pueden tener prácticamente cualquier sección transversal (placa alveolar, doble T, prelosas macizas o
30 aligeradas de gran canto, etc.), siempre que su cara superior sea plana o casi plana. Hay una serie de ventajas en colocar sólo una capa losa de compresión sobre los elementos prefabricados. En primer lugar, los elementos prefabricados tienen casi la misma altura (o peralte) que el losa de entresijo definitiva, por lo que son muy rígidos y no deflectan fácilmente y, por lo general, necesitan muy poco o ningún apuntalamiento. En segundo lugar, la losa de
35 compresión relativamente delgada no es demasiado pesada, por lo que no deflecta demasiado el elemento prefabricado que ya es muy rígido. Finalmente, la losa de compresión, a pesar de ser delgada, es capaz de actuar eficazmente como un diafragma horizontal que

- garantiza adecuadamente un buen comportamiento del entrepiso frente a las fuerzas sísmicas (típicamente grandes fuerzas horizontales). Cabe mencionar un inconveniente: las losas de compresión coladas in situ suelen tener una retracción considerable, debido a su reducido espesor (volumen de concreto relativamente bajo) y su gran superficie expuesta al aire. Esto, a menudo, conduce a una considerable retracción diferencial. Más allá de todo lo anterior, hay que decir que un número considerable de los elementos de entrepiso prefabricado (pero no todos) utilizados en este tipo de entrepisos estructurales están diseñados de manera que al colocar la losa de compresión en obra, una pequeña cantidad de concreto entra y llena por completo las juntas laterales entre elementos de entrepiso prefabricado. Por ejemplo, las losas alveolares se diseñan típicamente para que estas juntas laterales se llenen de concreto; mientras que las losas de doble T no tienen estas juntas laterales diseñadas para ser rellenas con concreto. La función principal del relleno de estas juntas laterales se puede comprender leyendo lo siguiente.
- Aquellos entrepisos estructurales donde sólo se cuela en obra concreto en las juntas laterales de los elementos prefabricados, pueden tener secciones macizas o huecas. Todos estos entrepisos estructurales tienen dos ventajas principales. Por un lado, la altura del elemento prefabricado es la misma que la altura del entrepiso estructural terminado, por lo que la rigidez del elemento prefabricado es muy alta y el apuntalamiento suele ser innecesario. Por otra parte, la cantidad de concreto puesto en obra es muy baja, por lo que su peso es casi despreciable y casi no provoca deflexión de los elementos del entrepiso prefabricado. La combinación de estas dos ventajas hace que este tipo de entrepisos estructurales sean los más eficientes de todos durante el proceso de construcción, ya que la deflexión provocada por el peso del concreto fresco no provoca una deflexión importante ni “consume” una parte significativa de la resistencia al momento positivo del elemento de entrepiso prefabricado. Sin embargo, estos entrepisos tienen dos importantes inconvenientes. Por un lado, el pequeño volumen de concreto colado in situ puede tener una superficie relativamente importante (la cara superior) en contacto con la atmósfera, y por tanto una retracción considerable, que es especialmente alta para elementos prefabricados de poca altura (o peralte) (Cuando el volumen del concreto es menor). La retracción transversal del concreto colado en la junta abrirá, per se, fisuras en contacto con el elemento prefabricado, pero adicionalmente, la retracción longitudinal probablemente conducirá a una retracción diferencial y favorecerá la rotura de la unión. Por otro lado, los elementos prefabricados de losa de entrepiso sin losa de compresión funcionan típicamente como vigas simplemente apoyadas (sólo resisten momentos positivos), y cuando deflectan al estar sometidas a las cargas de servicio, los extremos de los elementos prefabricados tienden a girar considerablemente en relación con los soportes lineales (muros de carga, vigas, etc) donde se apoyan. Esto generalmente causa

grietas largas y anchas paralelas a los soportes lineales que están en contacto con dichos soportes lineales y con los extremos de los elementos prefabricados de losa de entrepiso. Este tipo de imperfecciones en la estructura, que normalmente quedan ocultas por los acabados, son del todo indeseables, ya que grietas tan anchas y profundas son malas para la durabilidad de la estructura.

Más allá de lo anterior, es importante resaltar la función principal del relleno de las juntas laterales. Estas juntas laterales tienen la misión de transferir fuerzas verticales de cortante, de un elemento de entrepiso prefabricado al elemento de entrepiso prefabricado adyacente. Esto se logra gracias a la forma de las caras laterales de los elementos prefabricados de losa de entrepiso, que típicamente están diseñados para formar llaves de cortante cuando se cuela concreto en las juntas. Estas llaves para el cortante vertical se consiguen principalmente de dos formas: o la cara lateral del elemento prefabricado tiene una pestaña superior (en la dirección longitudinal) que sobresale transversalmente, o la cara lateral del elemento de entrepiso prefabricado tiene una ranura (paralela a la dirección longitudinal). Por otro lado, el relleno de concreto también ayuda a solucionar la imperfección de las juntas, ya que el concreto necesita ciertas tolerancias de prefabricado y colocación, no fácilmente compatibles con la prevención de fugas del concreto colado en la obra. Para reducir y tratar de evitar las fugas, las mencionadas juntas laterales se cierran en sus partes inferiores gracias a pestañas que sobresalen de las caras laterales de los elementos prefabricados. Típicamente, tales pestañas sobresalen más de las caras laterales del elemento prefabricado que cualquier otro saliente o elemento que sobresalga de esas caras. Esto es para garantizar el correcto cierre de la junta.

Aquellos entrepisos estructurales en los que no se coloca concreto en la obra en la parte superior o en los lados del elemento prefabricado no son muy habituales, pero hay algunos ejemplos destacados. Entre los ejemplos modernos, quizás los más importantes sean las placas doble T "*pretopped*" (= con losa de compresión precolada). Se trata de una clase de placa doble T diseñada para trabajar sin losa de compresión, que tiene una losa superior más gruesa que los elementos habituales de doble T diseñados para ser cubiertos por una losa de compresión colada en obra. En esta categoría (ningún concreto colado en obra) también se pueden mencionar algunas patentes de principios del siglo XX, ahora consideradas obsoletas e inviables. Hace varias décadas, no se prestó tanta atención a las tolerancias necesarias para la prefabricación y para el montaje, tolerancias que ahora se consideran esenciales. En ese momento, algunos inventores consideraron erróneamente que el acoplamiento perfecto entre elementos prefabricados era fácil de lograr. Este tipo de construcción de entrepiso estructural simplemente colocando elementos uno al lado del otro es rápido y fácil, pero tiene

varios inconvenientes. En primer lugar, no es posible la transferencia de fuerzas de cortante verticales, o se deben adicionar piezas metálicas insertadas para garantizar esta importante característica estructural. Por ejemplo, dientes o salientes de acero que sobresalen de las caras laterales de los elementos prefabricados (este tipo de soluciones son habituales en

5 dobles T con losa de compresión precolada). En segundo lugar, la transferencia de fuerzas horizontales (como fuerzas sísmicas) no está garantizada. Para solucionar este problema, las piezas metálicas insertadas sobresalientes antes mencionadas (u otros medios equivalentes) deben poder conectar fijamente dos elementos prefabricados adyacentes. Lograr esto requerirá algo de trabajo en la obra (soldadura, atornillado, colado de concreto en pequeñas

10 cavidades, etc.). En dicha situación, las “economías” logradas gracias a no verter una losa de compresión, se pagan en parte en otro tipo de tareas en obra y en el consumo de materiales empleados in situ. Finalmente, este tipo de entresuelos estructurales presentan el mismo problema a los extremos de los elementos prefabricados que aquellos en los que sólo se rellenan con concreto las juntas laterales: aparecen fisuras anchas y profundas paralelas a

15 los elementos lineales de apoyo.

D) SISTEMA DE CONEXIÓN

La misión principal de un sistema de conexión capaz de hacer que el concreto prefabricado y

20 el concreto colado in situ trabajen juntos es resistir fuerzas de corte paralelas a las caras del elemento prefabricado (cara superior, o caras laterales). Para lograr dicha conexión, se pueden describir cinco estrategias principales: 1) Refuerzo que atraviesa la superficie de contacto, es decir refuerzo embebido en el elemento prefabricado y que sobresale de él, destinado a quedar embebido en el concreto colado in situ; 2) Perímetro de contacto

25 laberíntico de la sección transversal entre el elemento prefabricado y el concreto colado in situ

3) Las superficies planas de contacto entre el concreto prefabricado y el concreto colado in situ se hacen lisas o rugosas; 4) Salientes de concreto lineales o aislados que sobresalen de las caras de los elementos prefabricados y estarán en contacto con el concreto colado in situ;

5) Ranuras o agujeros en las caras de los elementos prefabricados que estarán en contacto

30 con el concreto colado in situ.

Son relativamente comunes aquellos entrepisos estructurales donde el refuerzo está embebido en el elemento prefabricado y sobresale de él para que pueda quedar embebido en el concreto colado in situ. Esta estrategia es muy habitual en prelosas (o medias losas). Un

35 ejemplo puede verse en la patente JILONG, JUNWEI, WANYUN (CN104032870) y en algunas realizaciones de las patentes QIU ZEYOU (CN1975058) y QIU ZEYOU (CN1944889). De hecho también se puede encontrar en elementos prefabricados de otras secciones, como en

la patente BORI, FABRA (ES2130037). Sin embargo, esta solución - acero que sobresale - es inusual en la mayoría de elementos convencionales de entrepiso como losas alveolares o losas doble T. Esta solución, que a priori puede parecer la más sencilla, tiene tres inconvenientes principales. En primer lugar, el acero es caro en sí mismo (tanto el material como la colocación). En segundo lugar, colocar el refuerzo que sobresale del concreto prefabricado es a menudo una difícil tarea, porque el refuerzo que sobresale no puede existir en las caras en contacto con un encofrado o cerca de las partes móviles de las máquinas de colado de concreto. Finalmente, el refuerzo embebido típicamente complicará la compactación del concreto prefabricado, por lo que los elementos hechos de concreto de consistencia seca (como las losas alveolares) rara vez tienen elementos de refuerzo que sobresalen.

Aquellos entrepisos estructurales con un perímetro de contacto laberíntico de la sección transversal no son demasiado habituales, pero se han probado en una serie de edificios reales. El ejemplo más destacado son las losas alveolares donde algunos alvéolos están abiertos en la cara superior. Estas aberturas se utilizan para colocar refuerzo de momentos negativos en la obra y luego verter concreto, que normalmente llena los alvéolos abiertos. Esta solución, que incluso se acepta en algunos códigos nacionales, es inusual en la práctica debido a cuatro desventajas principales; 1) La apertura de la parte superior de los alvéolos en losas requiere un trabajo adicional durante el proceso de prefabricado, que requiere mano de obra humana y además conduce al desperdicio del concreto removido, o requiere una inversión en maquinaria específica capaz de hacer las aberturas y recuperar el concreto removido. 2) Por lo general, las aberturas no se hacen a lo largo de toda la longitud la losa alveolar, sino típicamente a 2/3 de la longitud de cada losa, lo que complica el prefabricado y hace que sea más costoso resolver los defectos locales en la losa que se producen durante el proceso de colado del concreto (ya que mayores longitudes de elemento prefabricado debe ser rechazado y desperdiciado, en comparación con los segmentos rechazados muy cortos que necesarios cuando la sección transversal es totalmente uniforme). 3) La eliminación de una parte del ala superior de las losas (para abrir los alvéolos) reduce considerablemente el momento de inercia de la losa y la hace más flexible y menos eficiente durante el proceso de montaje, lo que a menudo conlleva la necesidad de apuntalamiento durante el montaje. 4) Aproximadamente 2/3 de la longitud de los alvéolos abiertos se rellenan con concreto colado in situ. Como resultado, la losa reduce considerablemente su ligereza y se vuelve menos eficiente. En conjunto, esta solución es de algún modo similar a las prelosas aligeradas. Aquellos entrepisos estructurales donde las superficies de contacto básicamente planas son lisas o rugosas, tienen la ventaja de que son muy fáciles de colar (fundir). Es por eso que los entrepisos estructurales prefabricados de uso más común tienen este tipo de superficie. Sin

embargo, esto tiene un inconveniente importante: si bien a menudo existe una cierta adherencia en las primeras semanas, meses o años después de que se termina el entrepiso estructural, esta unión generalmente se rompe por completo a medida que pasa el tiempo, se produce la retracción diferencial, y la estructura se somete a la carga y descarga cíclica debida al uso normal de cualquier estructura. Esta cuestión es una de las razones por las que existe una cierta tendencia en las últimas décadas a intentar eliminar la losa de compresión en este tipo de losas de entrepiso. A medida que la conexión se rompe, la losa de compresión deja de ser parte de la sección estructural principal y su contribución a la resistencia estructural frente a los momentos flectores se vuelve despreciable. Al final, se convierte principalmente en una carga muerta sobre la estructura, con la única función de actuar como un diafragma horizontal en caso de sismo.

No son muy habituales aquellos entrepisos que poseen salientes aislados o lineales que sobresalen de las superficies de los elementos prefabricados, pero existen algunos ejemplos destacados. Por un lado existe una variedad considerable de elementos prefabricados que incluyen salientes sólo en sus caras laterales. Se considera que la mayoría de estas soluciones hacen que los entrepisos estructurales puedan resistir fuerzas sísmicas. En la actualidad, esta es una solución habitual en la práctica para los entrepisos de losas alveolares que no tienen una losa de compresión y necesitan ser resistentes a los sismos. Un ejemplo es CUYVERS (BE858167). Los salientes en la cara superior de los elementos prefabricados de entrepiso son más inusuales, pero un par de ejemplos son MING, WEIJIAN, ZHEZHE (CN102839773) y MING, WEIJIAN, YANTING, PEINAN (CN104727475). Este tipo de solución, en general, es una buena solución para transferir fuerzas cortantes, siempre que estas fuerzas no superen la resistencia a cortante del concreto en masa (sin refuerzo) en las secciones más débiles. Entre sus ventajas está el hecho de que no se necesita acero de refuerzo para garantizar la adherencia de los dos concretos (prefabricado y colado in situ), lo que hace que la fabricación de estos sistemas de conexión sea más fácil y económica. Uno de sus principales inconvenientes es que el concreto en masa falla frágilmente bajo fuerzas cortantes, y la resistencia a cortante del concreto en masa no es fácil de predecir (los resultados de la resistencia a cortante de un mismo concreto suelen mostrar distribuciones estadísticas con bastante dispersión, porque la resistencia a cortante depende de la resistencia a la tracción que depende en parte en factores aleatorios como la distribución del agregado, de la fisuración debida a la retracción o a otras fuerzas de tracción, etc.). En consecuencia, para un cierto esfuerzo cortante, una solución basada en concreto no armado debe diseñarse con un coeficiente de seguridad alto, mucho mayor que una solución basada en concreto armado. Por ejemplo, un coeficiente de seguridad de 2,0 (o incluso 2,5) para el material (o clase de Estado Límite Último) y de 1,4 para las cargas. Por lo tanto, un coeficiente

de seguridad global de 2,8 (o incluso 3,5). Ésa es una de las razones por las que no todos los tipos y formas de salientes son apropiados. En su diseño deben tenerse en cuenta algunos detalles importantes:

- i) Los salientes deben ser fáciles de prefabricar en serie, preferiblemente a máquina, y deben ser fáciles de desmoldear (el molde o encofrado debe ser fácil de quitar): los lados del saliente preferiblemente no deben formar ángulos rectos, y los bordes no deben existir en la dirección paralela a la dirección de desmoldeo. Por ejemplo, tanto MING, WEIJIAN, ZHEZHE (CN102839773) como MING, WEIJIAN, YANTING, PEINAN (CN 104727475) tienen formas inapropiadas para un fácil desmoldeo. Especialmente inapropiados son algunos de los diseños de salientes de CN 102839773.
 - ii) Los salientes deben tener una sección transversal mínima (digamos, al menos 1,5 veces el tamaño del mayor diámetro de agregado) para garantizar la compactación adecuada del concreto. Además, la sección transversal debe ser tal que no se convierta en un punto débil. Su dimensionamiento se estudiará (y ensayará) en relación con los esfuerzos cortantes que deberá soportar, teniendo en cuenta un coeficiente de seguridad especialmente elevado (como se explicó anteriormente). Por ejemplo, en la patente MING, WEIJIAN, ZHEZHE (CN102839773), los salientes parecen muy pequeños o desproporcionados en relación con la superficie plana del elemento prefabricado. Por lo tanto, bajo esfuerzos cortantes, los salientes en el elemento de entrepiso prefabricado se romperán claramente antes de que se rompa el concreto colado in situ.
 - iii) La distancia entre salientes debe ser tal que el concreto puesto en obra pueda compactarse adecuadamente y que las mínimas secciones transversales de concreto colado in situ sean suficientes para soportar los esfuerzos cortantes que actuarán, con un coeficiente de seguridad suficientemente grande. Normalmente, la distancia entre las salientes debe ser mayor que la sección transversal de los salientes, ya que el concreto colado in situ suele ser más débil, por lo que necesitará secciones transversales más grandes para lograr la misma resistencia que los salientes.
 - iv) Los salientes deben tener caras lo más perpendiculares posible a los esfuerzos cortantes que deben soportar, para resistirlos adecuadamente y evitar o minimizar las posibles fuerzas parásitas no paralelas a la fuerza cortante original, que facilitarían la rotura de la unión. Si la perpendicularidad perfecta entre la fuerza cortante y la cara del saliente es imposible y aparecen algunas fuerzas parásitas, el diseño debe ser tal que las fuerzas parásitas no rompan la conexión o alguna parte débil del elemento prefabricado o del concreto colado in situ. Un ejemplo de diseño inadecuado de salientes es la patente CUYVERS (BE858167).
- Considerando una fuerza de corte paralela a la dirección longitudinal del elemento, como las caras de los salientes no son perpendiculares a la fuerza de corte, estas caras tenderán a expulsar hacia arriba el concreto colado in situ y romper la conexión.

v) Los salientes lineales deben preferirse a los salientes aislados por cuatro razones. 1) Los salientes lineales suelen tener secciones transversales más grandes (mayor resistencia). 2) Los salientes aislados pueden ser más difíciles de desmoldear, ya que normalmente tendrán más bordes. 3) En el caso de que los elementos de entrepiso se apoyen en las vigas principales en sus extremos (lo cual es muy común), la deflexión de las vigas principales provoca un esfuerzo cortante horizontal en la dirección transversal (paralela al vano de las vigas) en la superficie de contacto del concreto prefabricado de los elementos de losa de entrepiso y del concreto colado in situ de la losa de compresión que se suma al esfuerzo cortante horizontal en la dirección longitudinal (paralela al vano de los elementos de losa de entrepiso) en el caso de que existan superficies opuestas al esfuerzo cortante causado por la deflexión de vigas. Este tipo de superficies opuestas sólo existen en el caso de salientes aislados. Como consecuencia, los salientes aislados no sólo son más vulnerables (como se deduce de 1) sino que también tienen que soportar un esfuerzo adicional, que los salientes lineales no tienen que soportar. 4) Los salientes aislados diseñados para integrarse completamente en el concreto colado in situ (especialmente en la losa de compresión) tienden a deslizarse de forma similar a las superficies lisas o rugosas. Esto se debe a la retracción diferencial y, en particular, a la retracción diferencial en la dirección paralela a la anchura del elemento prefabricado (dirección transversal). Este efecto tiende a provocar una deflexión de la losa de compresión colada in situ, que levanta dicha losa de compresión y debilita la adherencia.

vi) En general, cuanto menor es la cara de contacto entre el elemento prefabricado y el concreto colado in situ, mayor es el esfuerzo cortante. Por lo tanto, los salientes deben ser más grandes y fuertes.

Los entrepisos estructurales en los que se forman hendiduras o ranuras en las caras de los elementos prefabricados son bastante raros en la práctica convencional, pero se pueden encontrar algunos ejemplos en patentes. Por un lado se pueden encontrar casos en los que se disponen hendiduras o ranuras cortas sólo en las caras laterales de los elementos prefabricados. La intención suele ser la misma que en las soluciones con salientes: hacer que las estructuras sean capaces de soportar fuerzas sísmicas. Algunos ejemplos (no todos destinados a resistir fuerzas sísmicas) son MICHEL DE TRETAINNE (FR2924451), LEGERAI (FR2625240) y BORI, FABRA (ES2130037). Aún más raras son las soluciones con hendiduras o ranuras en la cara superior del elemento prefabricado, pero algunos ejemplos son PRENSOLAND, S.A. (ES2368048), QIU ZEYOU (CN1975058), QIU ZEYOU (CN1944889) y QU, YUAN, ZHOU, LI, WEI (CN201924490). PRENSOLAND, S.A. (ES2368048) incluye orificios en la cara superior y en las caras laterales; y los tres otros ejemplos mencionados incluyen ranuras transversales en toda la superficie del elemento, siempre interrumpidas por una nervadura central. Las ventajas e inconvenientes de esta

solución de conexión (hendiduras o ranuras) son muy similares a las de los salientes. Sin embargo, una de las principales diferencias es que hay que tener cuidado de no debilitar las caras de los elementos prefabricados donde se realizan las hendiduras o ranuras. Revisando a continuación la lista de detalles importantes que se han mencionado anteriormente a

5 tener en cuenta a la hora de diseñar salientes, revisaremos también cuáles de los ejemplos antes mencionados tienen problemas en algunos o varios de los detalles a tener en cuenta para hendiduras o ranuras:

i) Fácil de desmoldear. Las siguientes patentes incluyen elementos prefabricados de difícil desmoldeo QIU ZEYOU (CN1975058), QIU ZEYOU (CN1944889) y QU, YUAN, ZHOU, LI, WEI (CN201924490). Todas estas patentes tienen orificios que atraviesan una alma central, en QU, YUAN, ZHOU, LI, WEI (CN201924490) el orificio atraviesa incluso dos almas en algunas realizaciones. Estos orificios, combinados con la geometría compleja de los elementos prefabricados, darán con seguridad complejos procesos de desmoldeo. Además, en QIU ZEYOU (CN1975058) y QIU ZEYOU (CN1944889) algunas de las realizaciones

10 incluyen ranuras prácticamente imposibles de desmoldar sin romper el elemento prefabricado o bien deformar (o plegar) el molde de alguna manera.

ii) Mínima sección transversal y profundidad de ranuras para permitir una adecuada compactación y asegurar la debida resistencia (mediante ensayo), garantizando un coeficiente de seguridad suficientemente grande de la relación resistencia / esfuerzo. En las patentes BORI, FABRA (ES2130037) y PRENSOLAND, S.A. (ES2368048) los agujeros en las caras se ven muy superficiales en los dibujos (no se especifica profundidad). Una profundidad insuficiente (inferior al diámetro del agregado) conducirá a un fácil deslizamiento de todo el concreto colado in situ sobre la superficie de contacto. Una profundidad insuficiente de las hendiduras o ranuras es virtualmente equivalente a una superficie rugosa, donde el concreto

20 colado in situ no empuja eficazmente una superficie perpendicular al esfuerzo de corte. Ninguna de las patentes mencionadas incluye resultados de pruebas que garanticen una relación adecuada (digamos mayor que 2,5) de la resistencia no factorizada (no minorada) de la junta con el esfuerzo cortante no factorizado (no mayorado) que actúa sobre la junta. De hecho, sólo un número reducido de patentes menciona que las ranuras estén destinadas a

25 resistir una fuerza de cortante.

iii) Distancia entre ranuras o agujeros. En la patente LEGERAI (FR2625240) los orificios se ven muy cerca unos de otros para resistir esfuerzos cortantes horizontales. De hecho, en esta patente no se mencionan los esfuerzos cortantes horizontales. El diseño está más enfocado a resistir esfuerzos cortantes verticales.

iv) Caras perpendiculares al esfuerzo cortante. Las patentes BORI, FABRA (ES2130037) y LEGERAI (FR2625240) carecen de esta característica esencial. En el caso de un esfuerzo cortante horizontal, en ambos casos la forma redondeada de los orificios tenderá a expulsar

35

fácilmente el concreto colado in situ fuera del orificio, y así romper la conexión.

v) Se prefieren las ranuras continuas a los agujeros. La patente BORI, FABRA (ES2130037) y algunas de las realizaciones de la patente QIU ZEYOU (CN1975058) utilizan hendiduras en lugar de ranuras. Esto obviamente reduce la resistencia a cortante de la junta, particularmente en los dibujos en QIU ZEYOU (CN 1975058) en que el número de hendiduras es muy reducido. Además, el modo en que estas realizaciones de la patente parecen incluir orificios con refuerzo saliendo del orificio y refuerzos que pasas a través de un orificio no parece particularmente adecuada para ser moldeada y desmoldada. Además, la patente BORI, FABRA (ES2130037) y varias realizaciones de la patente QIU ZEYOU (CN1944889) son particularmente incompatibles con la retracción diferencial en la dirección transversal, y favorecen la deflexión en la dirección transversal o levantamiento de la losa de compresión colada in situ, y así la ruptura de la conexión. Además de todo eso, las patentes QIU ZEYOU (CN1975058), QIU ZEYOU (CN1944889) y QU, YUAN, ZHOU, LI, WEI (CN201924490) tienen un inconveniente en común debido al hecho de que el concreto colado in situ se divide en porciones a causa de las nervaduras (o almas) centrales que “cortan” las prelosas en dos o tres partes. Estas nervaduras longitudinales prefabricadas favorecerán fácilmente fisuras largas y anchas a lo largo de sus dos lados, en el contacto con el concreto colado in situ.

vi) Cuanto menor sea la superficie de contacto entre el elemento de losa de entrepiso prefabricado y el concreto colado in situ, mayores deberán ser las ranuras (o las hendiduras).

Un ejemplo de diseño inadecuado es el de la patente BORI, FABRA (ES2130037). El diseño descrito en esta patente podría aprovechar la gran superficie de contacto entre el concreto prefabricado y el concreto colado in situ (ya que el concreto se echa tanto para formar una losa de compresión como para rellenar las juntas laterales), pero la mayor parte de la superficie es lisa y solamente se hacen hendiduras romas y poco profundas en las caras laterales. Esto parece claramente una mejora insuficiente en la adherencia en comparación con superficies totalmente lisas. Hay que decir que BORI, FABRA (ES2130037) incluye armaduras que sobresalen de los lados, por lo que la unión se logrará principalmente gracias a la armadura, más que gracias a la forma de la superficie de contacto entre de los concretos. En las patentes MICHEL DE TRETAIGNE (FR2924451) y LEGERAI (FR2625240) el tamaño de las ranuras o hendiduras es sólo mediano. La pequeña superficie de contacto de las caras laterales y tales ranuras o hendiduras parciales sólo resistirán esfuerzos de cortante reducidos y / o cargas distribuidas casi uniformemente a lo largo de toda la junta. Este último es el caso de los esfuerzos cortantes debidos a fuerzas sísmicas. Esto se razona a continuación:

vii) Cuando la sacudida sísmica es paralela a los elementos prefabricados de losa de entrepiso, estos son capaces de transmitir adecuadamente la fuerza horizontal, tomando bien las fuerzas axiales de manera uniforme gracias a los elementos de soporte longitudinales (vigas o muros) colocados transversalmente a los elementos de entrepiso. En estas

condiciones, no es necesaria una adherencia adecuada de los concretos prefabricados y los concretos colados in situ. Cuando la sacudida sísmica es transversal a la dimensión larga de los elementos prefabricados de losa de entrepiso, estos elementos tienden a tener dos comportamientos posibles: a) experimentan deflexión horizontal (una cara lateral tiende a acortarse mientras que la opuesta tiende a alargarse); o b) toda la losa de entrepiso de piezas prefabricadas paralelas tiende a comportarse bajo un régimen de bielas y tirantes, de modo que algunas de las losas tienden a estar completamente bajo tracción longitudinal y otras bajo compresión longitudinal; pero todos los elementos del entrepiso están bajo compresión transversal. En estas condiciones, la adherencia adecuada del concreto colado in situ y el concreto prefabricado es relevante para que todo el entrepiso funcione como diafragma. Sin embargo, por sorprendente que pueda parecer, ni el comportamiento descrito en a) ni el comportamiento descrito en b) provocan importantes fuerzas cortantes en las superficies de contacto. Esto se debe a dos hechos: 1) los esfuerzos cortantes son muy pequeños, ya que los elementos del entrepiso son extremadamente rígidos en la dirección horizontal, y las pequeñas deflexiones (o alargamientos) horizontales provocan tracciones pequeñas; 2) Los esfuerzos cortantes en las caras laterales suelen ser bastante uniformes y pueden distribuirse a lo largo de toda la superficie de contacto entre elementos prefabricados y concreto colado in situ. Estas pequeñas fuerzas de cortante se pueden soportar perfectamente mediante ranuras como las de MICHEL DE TRETAINNE (FR2924451); o las pequeñas ondulaciones que muy a menudo se colocan en los laterales de las losas alveolares en la práctica común para hacerlas sismorresistentes cuando se utilizan en entrepisos estructurales donde no se cuela losa de compresión.

E) REFUERZO EFECTIVO DE MOMENTO NEGATIVO

La misión principal de un refuerzo efectivo de momento negativo es hacer que la losa de entrepiso terminada sea capaz de soportar los momentos negativos, que típicamente causan tracción en la cara superior del entrepiso estructural y compresión en la cara inferior. La mayoría de los entrepisos estructurales más habituales realizados con elementos prefabricados de losa de entrepiso y concreto armado colado in situ son entrepisos que sólo pueden resistir momentos positivos. Esto se debe a que todos los elementos prefabricados de losa de entrepiso modernos están diseñados para resistir momentos positivos, mediante la inclusión de armaduras longitudinales (que pueden ser pasivas o pretensadas). Sin embargo, lograr que estas estructuras de entrepiso resistan adecuadamente los momentos negativos es más difícil de lo que parece, por dos razones. Por un lado, el refuerzo de momento negativo (colocado cerca de la cara superior del entrepiso estructural) sólo se puede empotrar en concreto colado in situ. Por tanto, es necesaria una cierta cantidad de concreto

colado in situ. Por otro lado, la conexión adecuada entre el concreto prefabricado y el concreto colado in situ es fundamental para que el refuerzo negativo (sometido a tracción) trabaje junto con la cara inferior del elemento prefabricado de entrepiso (sometida a compresión) para resistir conjuntamente el momento negativo.

- 5 Actualmente se pueden encontrar tres situaciones principales en la tecnología existente: 1) El refuerzo negativo efectivo está embebido en el concreto colado in situ que se une o conecta adecuadamente al concreto prefabricado; 2) En el concreto colado in situ sólo se embebe refuerzo destinado exclusivamente al control de la fisuración del hormigón; 3) No se coloca ningún refuerzo.
- 10 Son habituales aquellos entrepisos estructurales donde un refuerzo efectivo de momento negativo está embebido, pero se limitan a sólo dos tipos de elementos estructurales: prelosas (o medias losas) [mucho más habituales] y losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos [inusual]. En las prelosas suele haber mucho lugar para empotrar el refuerzo negativo, y normalmente hay un armado de refuerzo embebido en el elemento prefabricado que
- 15 sobresale de su cara superior para garantizar adecuadamente la conexión con el concreto colado in situ. Las losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos tienen un espacio limitado para colocar el refuerzo negativo, por lo que debe colocarse con cuidado para garantizar un recubrimiento adecuado con concreto colado in situ. Gracias al refuerzo negativo, las prelosas (o medias losas) y losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos
- 20 son especialmente eficientes y pueden reducir su altura (o peralte) en comparación con los entrepisos sin refuerzo negativo. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las prelosas (o medias losas) convencionales suelen resultar caras debido a la necesidad de refuerzo para garantizar la conexión y debido a su sección sólida pesada e ineficaz o a sus costosos encofrados permanentes (o perdidos) empotrados (en el caso de las prelosas huecas). Las
- 25 losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos también son caras debido a su proceso de prefabricado muy específico. Por lo tanto, estos dos tipos de entrepisos estructurales son típicamente más delgados (estructuralmente más eficientes) pero no necesariamente menos costosos que los entrepisos resistentes solamente a momentos positivos hechos con elementos de entrepiso de sección hueca, como losas alveolares convencionales o losas
- 30 doble T.

Existe un número considerable de entrepisos estructurales habituales en la actualidad donde no se pretende resistir los momentos, y el refuerzo se coloca sólo para controlar el ancho de las fisuras que típicamente aparecen en el extremo de los elementos de entrepiso prefabricado, en dirección paralela a los elementos de soporte lineales -vigas o paredes-. Se

- 35 adopta esta solución (refuerzo para controlar la fisuración) en aquellos casos en los que el sistema estructural no es capaz de garantizar una adherencia (o conexión) adecuada entre los elementos prefabricados de concreto y el concreto colado in situ, pero aún hay algún lugar

para embeber el refuerzo. Este es el caso de todos los entrepisos convencionales hechos de elementos prefabricados de sección hueca, donde típicamente sólo se cuelan pequeñas cantidades de concreto in situ. Ya sea principalmente para formar una losa de compresión o sólo para rellenar las juntas laterales entre elementos prefabricados. Esto ocurre

5 prácticamente en todos los entrepisos de losas alveolares (con o sin losa de compresión), en todos los entrepisos con losas doble T con losa de compresión y en diversos de los entrepisos estructurales más comunes.

Por ejemplo, en la patente de CHAO, ZHAOXIN, GUOPENG, JIANFENG (CN203347077), el refuerzo embebido en la losa de compresión superior tiene como objetivo controlar el ancho

10 de la fisura.

Hay casos en los que no se coloca refuerzo, ya que no hay concreto colado in situ donde embeber dicho refuerzo para controlar la fisuración. Este es el caso de los entrepisos estructurales realizados con dobles T "*pretopped*" (= con losa de compresión precolada), que no tienen losa de compresión en obra.

15 A modo de resumen, hoy en día al momento de construir un entrepiso estructural realizado con elementos prefabricados de losa de entrepiso y concreto armado colado en obra, se debe elegir entre las dos siguientes soluciones:

a) O un entrepiso estructural más ineficiente (con mayor altura (o peralte)) sólo capaz de resistir momentos positivos; pero relativamente barato y rápido de montar (normalmente no

20 necesita apuntalamiento). En este caso, se pueden incluir losas alveolares (con o sin losa de compresión), losas doble T (con o sin losa de compresión) y otros entrepisos de sección hueca similares.

b) O un entrepiso estructural más eficiente (con menor altura (o peralte)) gracias a su capacidad para resistir tanto momentos positivos como momentos negativos; pero apenas

25 más barato que el primero y, a menudo, más lento de montar (normalmente necesita apuntalamiento). Este caso incluye todas las prelosas (también llamadas medias losas) y losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos. Aquellas prelosas que son sólidas (macizas) pero delgadas siempre necesitan apuntalamiento, ya que no son lo suficientemente rígidas para soportar el peso del concreto fresco colado in situ. Aquellas prelosas que son

30 sólidas (macizas) pero gruesas son caras, ya que el concreto prefabricado típicamente suele ser más rico en cemento y aditivos. Aquellas prelosas que tienen la sección aligerada son típicamente costosas debido a los costosos encofrados permanentes (o perdidos) embebidos y también a menudo necesitan apuntalamiento in situ. Todas las prelosas más comunes incluyen refuerzos sobresalientes, lo que las hace caras. Algunas patentes chinas recientes

35 para prefabricados (como las mencionadas anteriormente) no incluyen refuerzos tan costosos, pero incluyen geometrías de hormigón complejas, que pueden no ser demasiado baratas de prefabricar, ya que pueden ser necesarios encofrados especiales o procedimientos de

desmoldeo complejos. Las losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos generalmente necesitarán apuntalamiento in situ y son costosas de prefabricar debido a su geometría específica.

Así, hoy en día hay que elegir entre: o una solución fácil de construir pero menos eficiente estructuralmente (losas alveolares, losas en doble T, etc.); o una solución costosa en mano de obra y más lenta de construir pero estructuralmente más eficiente (prelosas, losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos)

DESCRIPCION DE LA INVENCION

Para superar los inconvenientes mencionados de las soluciones existentes, la presente invención propone un elemento prefabricado de losa de entrepiso de forma alargada en el que se definen una dirección longitudinal, una dirección transversal, una dirección de altura, dos caras extremas que delimitan el elemento en la dirección longitudinal, dos caras laterales que delimitan el elemento en la dirección transversal, una cara inferior y una cara plana superior que delimitan el elemento en la dirección de la altura, comprendiendo la cara plana superior unas ranuras superiores transversales continuas.

Este elemento de entrepiso prefabricado está destinado a apoyarse en sus extremos sobre dos respectivos elementos de soporte lineales, como paredes o vigas dispuestas en sentido transversal. En particular, este elemento permite, mediante la disposición de una armadura de refuerzo colocada sobre la cara plana superior y extendida más allá de las caras extremas y vertiendo una capa de concreto (también llamada losa de compresión [*topping*]) en la que se empotra (embebe) dicha armadura de refuerzo, transmitir fuerzas de tracción que tienen la dirección longitudinal, debidas a momentos negativos de flexión, gracias a las ranuras superiores continuas sobre el elemento de losa de entrepiso, al tiempo que permite evitar los efectos de la retracción diferencial de los dos concretos (el del elemento prefabricado de losa de entrepiso y el de la capa de concreto). Estas fuerzas de tracción en las armaduras superiores, en combinación con las fuerzas de compresión en las caras extremas del elemento de entrepiso, permiten transmitir momentos negativos a través de dichas caras extremas, siendo estos momentos alrededor de la dirección (o eje) Y.

En algunas realizaciones, las ranuras superiores están presentes sólo en dos partes extremas, cada una de las cuales cubre 1/3 de la longitud de toda la cara superior, de manera que la parte central está desprovista de ranuras. De esta manera, las ranuras están sólo en los lugares donde son útiles, dejando el elemento de entrepiso sin cambios (y sin debilitar) en la parte central.

En algunas realizaciones, el elemento de entrepiso prefabricado tiene un saliente inferior en un borde inferior de las caras laterales. El objetivo de este saliente inferior es evitar que el concreto colado in situ se filtre entre dos elementos del entrepiso, en el momento en que se forma un nervio colado in situ entre los elementos prefabricados de entrepiso se colocan uno al lado del otro, siendo dicho nervio colado in situ paralelo a la dirección longitudinal.

En algunas realizaciones, el elemento de entrepiso prefabricado comprende un saliente superior en un borde superior de las caras laterales, siendo el saliente inferior más largo que el saliente superior en la dirección transversal. Cuando se forma un nervio de concreto colado in situ entre cada dos elementos del entrepiso, el objetivo del saliente superior es permitir que el nervio colado in situ transfiera esfuerzos cortantes verticales. En estas realizaciones, para la transferencia adecuada de esfuerzos cortantes verticales, el saliente superior de un elemento prefabricado de losa de entre piso trabaja conjuntamente con el saliente inferior del adyacente elemento prefabricado de losa de entrepiso.

En algunas realizaciones, en lugar de un saliente superior, existe una ranura en las caras laterales, que permite que el nervio colado in situ transfiera los esfuerzos cortantes verticales.

En algunas realizaciones, el elemento prefabricado de losa de entrepiso comprende ranuras laterales verticales en las caras laterales. Al igual que las ranuras superiores, estas ranuras laterales permiten transmitir fuerzas longitudinales entre el concreto colado en la cavidad y un refuerzo embebido en la misma cavidad.

En algunas realizaciones, los elementos prefabricados de losa de entrepiso tienen una sección transversal aligerada o hueca, como la de una losa alveolar.

En algunas realizaciones, el elemento de entrepiso prefabricado es un elemento de entrepiso en doble T, de manera que se define una losa plana superior y dos nervios verticales que se extienden hacia abajo desde la losa plana superior.

El hecho de que las losas en doble T estén provistas de ranuras transversales continuas superiores tiene dos ventajas principales, al igual que en otros elementos de entrepiso ligero (de bajo espesor adimensional). Por un lado, las ranuras transversales en la cara superior permiten la posibilidad de transferir fuerzas en la dirección longitudinal de la losa prefabricada a la armadura por medio del concreto de la losa de compresión. Esto permite, en última instancia, que la losa de entrepiso realizada con losas prefabricadas se empotre (= sea

resistente a momentos negativos) en uno o ambos extremos. Por otro lado, el hecho de que las ranuras sean capaces de prevenir los efectos de retracción diferencial; que es particularmente alta en elementos prefabricados con un espesor adimensional reducido (inferior a 0,6). Los efectos de la retracción en la dirección longitudinal se bloquean gracias a

5 ranuras de la profundidad adecuada y con caras perpendiculares a los esfuerzos cortantes longitudinales; de modo que la retracción diferencial en esta dirección simplemente se sumará a otras fuerzas de flexión, actuando como un momento positivo o negativo, dependiendo del empotramiento de la losa de compresión en sus extremos. La retracción diferencial transversal no tiene efecto sobre las losas, gracias a que las ranuras son continuas, por lo que no hay

10 canto o cara paralela a la dirección longitudinal. Dichos bordes y caras, paralelas a la dirección longitudinal, tienden a evitar una retracción transversal adecuada de la losa de compresión colada in situ, lo que lleva a una ligera deflexión hacia arriba de la losa de compresión, lo que conduce a la separación de la losa de compresión de la losa prefabricada de entrepiso. Tal comportamiento (la separación de la losa de compresión de la losa prefabricada) es

15 incompatible con la transmisión de fuerzas longitudinales, esencial para esta invención. Por eso, las ranuras superiores deben ser continuas y no debe haber ni bordes ni caras paralelas a la dirección longitudinal que corten las ranuras superiores.

Las dos ventajas mencionadas anteriormente son comunes a las losas en doble T y otras

20 losas aligeradas, como las losas alveolares; sin embargo existe una ventaja adicional para las losas en doble T (y losas en U invertida -similar a las losas en T en cuanto a sección transversal-): -Hacer las losas de entrepiso resistentes a momentos negativos provoca una reducción considerable de la altura (o peralte) del elemento prefabricado (-30%). Las losas en doble T y las losas en U invertida suelen ser elementos de gran altura (o peralte) [40 cm a 80

25 cm], y esta reducción de altura (o peralte) es muy útil, ya que permite utilizar este tipo de elementos prefabricados en una gama más amplia de edificaciones, donde las alturas de los entrepisos deben ser menores. Actualmente, debido a su considerable altura, las losas de doble T se utilizan principalmente en edificios de aparcamiento, almacenes y pabellones deportivos. Sin embargo, una reducción de un -30% en sus cantos típicos aumentaría

30 considerablemente la aplicabilidad de este tipo de losas estructurales.

La invención también se refiere a un elemento prefabricado de losa de entrepiso que tiene una forma alargada en la que se definen una dirección longitudinal, una dirección transversal, una dirección de altura, dos caras extremas que delimitan el elemento en la dirección

35 longitudinal, dos caras laterales que delimitan el elemento en la dirección transversal, una cara inferior y una cara plana superior que delimitan el elemento en el sentido de la altura, con un saliente inferior en un borde inferior de las caras laterales, comprendiendo ranuras

verticales en las caras laterales, extendiéndose las ranuras laterales desde el saliente inferior a la cara plana superior.

Este elemento prefabricado de entrepiso está destinado a ser dispuesto lado por lado con otro elemento prefabricado de entrepiso, a lo largo de la dirección longitudinal, y luego ambos apoyados en sus extremos sobre dos elementos de soporte lineales, como paredes o vigas dispuestas en la dirección transversal. En particular, estos elementos permiten - mediante la disposición de armadura de refuerzo extendiéndose más allá de las caras extremas, y situada en la parte superior de la llave de cortante formada al colar concreto entre cada pareja de elementos prefabricados en el volumen delimitado por las caras laterales y los salientes - transmitir fuerzas de tracción en sentido longitudinal gracias a las ranuras laterales. Estas fuerzas de tracción en la armadura, en combinación con las fuerzas de compresión que actúan sobre la parte inferior de las caras extremas del elemento prefabricado de losa de entrepiso, permiten transmitir momentos flectores negativos, siendo estos momentos alrededor del eje Y.

En una realización preferida, las ranuras verticales en las caras laterales están presentes sólo en las dos partes extremas del elemento prefabricado de losa de entrepiso, cubriendo cada parte extrema 1/3 de la longitud total de la cara lateral, de manera que la parte central está desprovista de ranuras. De esta manera, las ranuras están sólo en los lugares donde son útiles, dejando el elemento de entrepiso sin cambios (y sin debilitar) en la parte central.

En algunas realizaciones, las ranuras laterales tienen una profundidad y un ancho mínimos de 1 vez y 1, 5 veces, respectivamente, el diámetro del agregado más grande del concreto colado in situ.

En algunas realizaciones, las ranuras superiores tienen una profundidad y un ancho mínimos de 1 vez y 1, 5 veces, respectivamente, el diámetro del agregado más grande del concreto colado in situ.

Estas dimensiones mínimas tienen como objetivo evitar eficazmente el deslizamiento del concreto colado en obra desde su lugar sobre el elemento prefabricado. Esto se consigue, por un lado, al asegurar el correcto relleno de las ranuras por el concreto colado; y por otro lado, al asegurar que los esfuerzos cortantes actúan sobre el agregado que entra a las ranuras, y no sólo sobre el cemento que envuelve el agregado; evitando así que el agregado se desprenda del cemento. El diámetro típico del agregado más grande del concreto colado in situ varía de 10 mm a 20 mm, pero con mayor frecuencia es de 20 mm. De conformidad, la

profundidad y el ancho de las ranuras deben ser al menos de 20 mm y 30 mm, respectivamente.

En algunas realizaciones preferidas, el espesor adimensional de la sección transversal del elemento de entrepiso es inferior a 0,6.

El espesor adimensional se obtiene dividiendo lo que se conoce como tamaño nocional (o espesor ficticio) por el espesor real (o altura (o peralte) del elemento de entrepiso). El tamaño nocional ["notional size"] es un parámetro definido en el Eurocódigo EC-2 en el apartado dedicado a la retracción de elementos de concreto. El tamaño nocional (h_0) es igual al doble del factor de forma (A_c/u) de la sección transversal. Es decir, el tamaño nocional es igual a $2 \times A_c/u$, donde " A_c " es el área de la sección transversal y " u " es el perímetro de la sección transversal del concreto en contacto con la atmósfera. Para elementos con orificios interiores, como las losas alveolares, este perímetro incluye también el perímetro de los huecos interiores.

Entonces, el espesor adimensional (h') se definiría como $h' = h_0 / h$, donde h es el espesor real y h_0 es el tamaño nocional.

La siguiente tabla incluye varios casos estudiados. La primera columna corresponde al nombre y al ancho del elemento de entrepiso prefabricado. La segunda corresponde al espesor o altura (h). La tercera corresponde al espesor adimensional (h'). Y la cuarta es para el tamaño nocional (h_0). En los casos analizados, al inicio hay dos grupos de losas macizas, las de ancho de 1, 2 m y las de ancho de 0,6 m. Obsérvese que en todos los casos h' es igual o superior a 0,6. Obsérvese también que el caso con el espesor adimensional h' más pequeño apenas puede considerarse una losa maciza, ya que su sección transversal de 40 cm x 60 cm es más bien el de una columna o viga que la de un elemento de entrepiso como una losa.

A continuación se estudian dos tipos de losas alveolares, según el tipo de alvéolos interiores. Por último, se estudian tres ejemplos de losas en doble T norte-americanas. Todos estos elementos prefabricados de losa de entrepiso son elementos ligeros, todos tomados de productos comerciales reales. Obsérvese que todos tienen un espesor adimensional claramente inferior a 0,6 (cuanto menor es la h' , más ligero es el elemento). En estos elementos ligeros, la influencia de modificar el ancho del elemento es despreciable, por lo que no se muestran en la tabla los diferentes anchos.

Elemento de entrepiso prefabricado	Espesor = Altura (cm) (h)	Espesor adimensional ($h' = h_0/h$)	Tamaño nocional (cm) ($h_0 = 2 \cdot A_d/u$)
Losa maciza (1,2 m de anchura)	10	0,92	9,23
Losa maciza (1,2 m de anchura)	40	0,75	30,00
Losa maciza (0,6 m de anchura)	10	0,86	8,57
Losa maciza (0,6 m de anchura)	40	0,60	24,00
Losa alveolar (orificios ovales) (1,2 m de anchura)	15	0,23	3,52
Losa alveolar (orificios ovales) (1,2 m de anchura)	40	0,15	6,14
Losa alveolar (orificios circulares) (1,2 m de anchura)	10	0,41	4,14
Losa alveolar (orificios circulares) (1,2 m de anchura)	40	0,17	6,65
Losa en doble-T (2,4 m de anchura)	32,5	0,19	6,30
Losa en doble-T (2,4 m de anchura)	60	0,12	7,20
Losa en doble-T (2,4 m de anchura)	80	0,11	9,19

Los elementos aligerados (aquellos con un espesor adimensional bajo) tienen típicamente una retracción diferencial mayor entre el concreto del elemento del entrepiso y el concreto colado in situ que los elementos sólidos. Esto se debe a que un espesor adimensional menor siempre conduce a una retracción mayor. Entonces, si las ranuras descritas en la patente son buenas para resistir adecuadamente los efectos de una mayor retracción diferencial (en elementos aligerados), las mismas ranuras también resistirán una retracción diferencial menor de los elementos sólidos del entrepiso.

- 5 La retracción diferencial y su importancia en entrepisos hechos con elementos prefabricados de losa de entrepiso:

Los elementos prefabricados de losa de entrepiso generalmente se cuelan algunos días o algunas semanas antes de ser colocados en la obra. Después de su colocación en obra, se distribuye un refuerzo de acero sobre los elementos prefabricados y finalmente se cuela concreto sobre los elementos. Este concreto se puede verter sólo en las cavidades entre los elementos del entrepiso, o se puede verter sobre todos los elementos del entrepiso, formando una losa de compresión. Por tanto, el concreto colado en obra es al menos un poco más joven

que el concreto de los elementos prefabricados, y no es raro que la diferencia de edad sea de varias semanas. Los dos concretos suelen ser muy diferentes en su composición. El concreto prefabricado suele ser más rico y está diseñado para un endurecimiento muy rápido, que normalmente conduce a una retracción inicial rápida; de modo que después de una semana

5 puede haber ocurrido una parte muy significativa de la retracción total del elemento de entepiso prefabricado. La retracción temprana es mayor en elementos de sección transversal de menor espesor adimensional, como en todos los elementos prefabricados aligerados: losas alveolares, losas en doble T, losas en U invertida, etc. Cuando se cuela concreto in situ en contacto con elementos prefabricados de losa de entepiso, ya se ha producido una retracción

10 temprana considerable en los elementos prefabricados, de modo que la retracción de los elementos prefabricados se está desacelerando. Sin embargo, el concreto fresco recién colado in situ experimenta una retracción rápida, que no está sincronizada con el ritmo de retracción del prefabricado. Esto provoca lo que se conoce como retracción diferencial. Este fenómeno tiende a provocar el deslizamiento del concreto colado en obra sobre el elemento

15 prefabricado. Este deslizamiento se evita inicialmente (en caso de una pequeña retracción diferencial) por la adherencia entre los dos concretos, pero a medida que aumenta la retracción diferencial (con el paso de los meses), se debilita cada vez más la adherencia y puede romperla por completo. Este fenómeno generalmente conduce, después de algunos meses o años, a una ruptura completa o casi completa de la conexión de los elementos

20 prefabricados de losa de entepiso y el concreto colado in situ (por ejemplo, de la losa de compresión). Esto conduce a dos inconvenientes importantes: a) por un lado, el concreto colado en la obra no puede trabajar junto (conectado) con los elementos prefabricados de losa de entepiso; por lo tanto, no tiene sentido intentar poner refuerzo negativo embebido en el concreto colado in situ; b) el concreto puesto en obra termina siendo una carga muerta sobre

25 la estructura, con poca o ninguna función estructural.

Tratar de controlar los efectos de la retracción diferencial sólo haciendo esfuerzos para sincronizar las velocidades de retracción de los dos concretos mediante un control de las mezclas de concretos es extremadamente arriesgado, ya que la retracción es un fenómeno

30 que depende de una serie de factores aleatorios (temperatura; humedad; viento; compactación del concreto; etc.) que son muy difíciles de controlar en una planta de prefabricados, pero más aún en una obra.

Todos los inconvenientes provocados por la retracción diferencial se resuelven con la solución

35 aquí presentada: ranuras transversales y continuas, ya sean las que se colocan en la cara superior o en las caras laterales del elemento prefabricado de entepiso.

La invención también se refiere a una estructura que comprende un elemento de entrepiso prefabricado que tiene una forma alargada en el que se definen una dirección longitudinal, una dirección transversal, una dirección de altura, dos caras extremas que delimitan el elemento en la dirección longitudinal, dos caras laterales que delimitan el elemento en la dirección transversal, una cara inferior y una cara plana superior que delimitan el elemento en la dirección de la altura, comprendiendo ranuras superiores transversales continuas en la cara plana superior, la estructura además comprende:

- un elemento de soporte lineal que soporta un extremo del elemento de entrepiso prefabricado de manera que sobre el elemento de soporte lineal se define una superficie de soporte y:

- un sistema resistente a momentos dispuesto sobre el elemento de soporte lineal y frente a una cara extrema del elemento de entrepiso prefabricado,

- una losa de compresión colada por encima todo el elemento prefabricado de losa de entrepiso, y armaduras dispuestas a lo largo de la dirección longitudinal, de modo que una parte de las armaduras esté embebida en la losa de compresión de concreto y otra porción de las armaduras se extienda de manera que estén embebidas en el sistema resistente a momentos, de modo que las armaduras, cuando actúan bajo fuerzas de tracción, pueden transmitir fuerzas a la losa de compresión de concreto, y la losa de compresión de concreto puede transmitir fuerzas al elemento prefabricado de losa de entrepiso a través de las ranuras superiores en la cara plana superior, y así se transmite un momento negativo desde el sistema resistente a momentos al elemento de entrepiso prefabricado.

Esta invención permite que los entrepisos estructurales hechos con elementos prefabricados de losa de entrepiso, armaduras (pasivas o postesadas) colocadas en obra, y una cantidad relativamente pequeña de concreto colado en obra (en la forma de una de losa de compresión), se conviertan en hasta un 35% más eficientes que los entrepisos convencionales similares, digamos aquellos donde no hay refuerzo negativo, o dicho refuerzo no llega a ser efectivo para resistir momentos.

El aumento de la eficiencia se obtiene gracias al empotramiento adquirido cuando la armadura a momentos negativos, debidamente anclada a un sistema resistente a momentos, funciona correctamente anclada al concreto colado in situ y el concreto colado in situ se conecta correctamente a los elementos prefabricados del entrepiso.

El anclaje adecuado del refuerzo al concreto colado in situ es fácil de conseguir siempre que el concreto envuelva correctamente el refuerzo. La conexión adecuada del concreto colado in situ con el concreto prefabricado generalmente se rompe por los efectos de la retracción diferencial cuando las caras de contacto son planas y lisas y no incluyen refuerzo

sobresaliente, pero con esta invención, estos inconvenientes se evitan y se mantiene la conexión adecuada.

El aumento de eficiencia obtenido gracias al correcto empotramiento de los extremos de un elemento de entrepiso prefabricado se puede ver en que un elemento de entrepiso prefabricado de cierta altura (o peralte) pero empotrado en dos extremos deflece mucho menor que el mismo elemento de entrepiso articulado (simplemente apoyado) en ambos extremos. Además, los elementos de entrepiso empotrados en sus extremos necesitan mucho menos refuerzo en su cara inferior que los elementos simplemente apoyados en sus extremos.

Los elementos prefabricados de losa de entrepiso empotrados sólo en un extremo pueden actuar como un voladizo; que es una capacidad totalmente novedosa. Un elemento de entrepiso prefabricado articulado en un extremo y libre en el otro colapsaría; por eso los elementos prefabricados de losa de entrepiso convencionales no son adecuados para voladizos.

Todos estos logros se alcanzan sin cambiar la forma en que se utiliza la empresa prefabricadora está acostumbrada a producir, ni la forma que utiliza el diseñador estructural para su diseño, ni la forma que utiliza el contratista (empresario constructor) para construir los edificios. Por tanto, esta innovación tiene la ventaja adicional de que debería de ser de fácil aceptación por todos los oficios implicados en el diseño y la construcción de la estructura.

En algunas realizaciones, el sistema resistente a momentos incluye una extensión superior del elemento de soporte lineal, un concreto colado in situ situado entre la extensión superior del elemento de soporte lineal y la cara extrema del elemento de entrepiso prefabricado.

En algunas realizaciones, el sistema resistente a momentos incluye un concreto colado in situ y situado encima del elemento de soporte lineal y entre las caras extremas de dos elementos prefabricados de losa de entrepiso dispuesto frente a sus caras extremas.

En algunas realizaciones, la armadura tiene un diámetro comprendido entre 10 y 20 mm, y la losa de compresión tiene una altura de al menos 50 mm.

En algunas realizaciones, la cavidad definida entre los salientes y las caras laterales comprende un elemento postesado.

La invención se refiere además a una estructura que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso, cada elemento tiene una forma alargada en la que se definen una

- dirección longitudinal, una dirección transversal, una dirección de altura, dos caras extremas que delimitan el elemento en la dirección longitudinal, dos caras laterales que delimitan el elemento en la dirección transversal, una cara inferior y una cara plana superior que delimitan el elemento en la dirección de la altura, que incluye un saliente inferior en un borde inferior de las caras laterales, que comprende ranuras laterales verticales en las caras laterales, ranuras laterales que se extienden desde un saliente inferior a la cara plana superior, que incluye una ranura longitudinal en una cara lateral o un saliente superior en un borde superior, estando dispuestos los elementos del entrepiso adyacentes de manera que se define un volumen entre ellos, el volumen se llena con concreto de manera que se defina una llave de cortante en la junta lateral, la estructura comprendiendo además:
- un elemento de soporte lineal que soporta un extremo de los elementos prefabricados de losa de entrepiso de manera que en el elemento de soporte lineal se define una superficie de soporte y;
 - un sistema resistente a momentos dispuesto sobre el elemento de soporte lineal y frente a una cara extrema de los elementos prefabricados de losa de entrepiso,
- la estructura comprende además armaduras dispuestas a lo largo de la dirección longitudinal, de modo que una parte de las armaduras está embebida en la parte superior de la llave de cortante de la junta lateral y otra parte de las armaduras se extiende de tal manera que están embebidas en el sistema resistente a momentos, de modo que puede transmitir fuerzas a la llave de cortante de la junta lateral, y la llave de cortante de la junta lateral puede transmitir fuerzas al elemento de entrepiso prefabricado a través de las ranuras verticales laterales en la cara lateral del elemento prefabricado, y así se transmite un momento desde el sistema resistente a momentos al elemento de entrepiso prefabricado.
- Esta variante de la invención, en la que no se requiere losa de compresión, es particularmente eficaz, porque suprimir la losa de compresión reduce considerablemente el peso sobre la estructura, y en particular el peso que tiene que soportar la estructura durante la construcción, cuando el concreto colado in situ no ha endurecido y los elementos prefabricados de losa de entrepiso se comportan como elementos articulados (simplemente apoyados). Los entrepisos estructurales hechos así son más económicos, ligeros y sostenibles que cualquier entrepiso similar convencional (con los extremos no empotrados a los soportes lineales).

En algunas realizaciones, la armadura tiene un diámetro comprendido entre 16 mm y 25 mm.

- En algunas realizaciones, la estructura comprende armaduras colocadas en la llave de cortante de la junta lateral que se extienden desde la parte superior a la parte inferior de la misma junta, de modo que permite que llave de cortante en la junta lateral de concreto resista

esfuerzos cortantes verticales más intensos.

Cuando los elementos prefabricados de losa de entrepiso no tienen una losa de compresión superior, se coloca un refuerzo negativo a los lados de cada elemento de entrepiso, en las cavidades relativamente estrechas rellenas de concreto entre los elementos de entrepiso, lo que forma una nervadura resistente a momentos negativos. Como consecuencia, la mayor parte de la carga superficial aplicada sobre todo el entrepiso estructural se aplica directamente sobre el elemento de entrepiso prefabricado, y sólo una pequeña parte se aplica directamente sobre la nervadura (llave de cortante de la junta lateral colada in situ). Sin embargo, los elementos prefabricados de losa de entrepiso no se están empotrados (fijados) directamente en sus extremos, al no ser resistentes a momentos negativos. Esta situación tiende a hacer que los elementos del prefabricados de entrepiso (que están intensamente cargados) deflecten como un elemento simplemente apoyado, mientras que la nervadura colada in situ se deflecta mucho menos, al igual que lo hace un elemento doblemente empotrado, gracias al refuerzo de momento negativo embebido en la nervadura. Como existe una junta lateral capaz de transmitir esfuerzos cortantes verticales (ranura longitudinal o saliente) en las caras verticales del elemento de entrepiso prefabricado, se evita la deflexión diferencial entre el nervio colado in situ y los elementos prefabricados de losa de entrepiso adyacentes.

Como resultado, los elementos prefabricados de losa de entrepiso igualan su deflexión con la del nervio colado in situ. Pero esto sucede gracias a que los elementos del entrepiso “se cuelgan” de la nervadura. Esta “suspensión” significa una transferencia importante de carga desde el elemento del entrepiso a la nervadura, lo que lleva a esta nervadura a soportar importantes esfuerzos cortantes verticales. El refuerzo es necesario para que la nervadura no se rompa bajo estos importantes esfuerzos cortantes verticales. Por lo tanto, si se coloca un refuerzo negativo sólo en las nervaduras (ya que no hay losa de compresión para colocar esos refuerzos negativos colocados encima de todo el elemento de entrepiso prefabricado), también se requiere un refuerzo de cortante, para resistir la considerable transferencia de esfuerzo cortante vertical desde los elementos de entrepiso a la nervadura.

En algunas realizaciones, la estructura comprende al menos un conducto que se extiende continuamente a lo largo de la llave de cortante de la junta lateral y un tendón postesado insertado dentro del conducto.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para completar la descripción y para proporcionar una mejor comprensión de la invención, se

proporciona un conjunto de dibujos. Dichos dibujos forman parte integral de la descripción e ilustran las realizaciones de la invención, que no deben interpretarse como una restricción del alcance de la invención, sino simplemente como un ejemplo de cómo se puede llevar a cabo la invención. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

- 5 La figura 1 muestra una vista en perspectiva de la primera variante del elemento prefabricado de losa de entrepiso, con ranuras superiores.

La figura 2 muestra una sección transversal paralela a la dirección transversal de un entrepiso estructural que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso adyacentes de la primera variante, con una llave de cortante de la junta lateral formada entre ellos.

- 10 La figura 3 muestra una vista en perspectiva de la tercera variante del elemento de entrepiso prefabricado, combinación de la primera y la segunda variantes del elemento prefabricado de entrepiso, tanto con ranuras superiores como con ranuras laterales.

Las figuras 4 y 5 muestran, respectivamente, una vista en alzado y una vista en planta de la primera variante de un elemento prefabricado de losa de entrepiso.

- 15 La figura 6 muestra una vista en perspectiva de la segunda variante del elemento prefabricado de losa de entrepiso, que sólo presenta ranuras laterales.

La figura 7 muestra una sección transversal paralela a la dirección transversal de un entrepiso estructural que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso adyacentes de la segunda variante, con una llave de cortante en la junta lateral formada entre ellos.

- 20 La figura 8A muestra una vista en perspectiva de la primera variante del elemento prefabricado de losa de entrepiso bajo la forma de una losa doble T.

Las figuras 8B y 8C muestran, respectivamente, dos variantes de un elemento prefabricado de losa de entrepiso con la misma sección transversal, el elemento en el 8B incluye las ranuras transversales continuas en la cara plana superior y los elementos en 8C incluyen las ranuras

- 25 verticales en las caras laterales.

La figura 9A muestra una vista en planta de entrepiso estructural que comprende varios elementos prefabricados de losa de entrepiso en su apoyo sobre un elemento de soporte lineal.

- 30 La figura 9B es un detalle de la vista en planta de la figura 9A, que muestra un diagrama de fuerzas de bielas y tirantes.

Las figuras 10A y 11A representan dos secciones inapropiadas de una ranura.

La figura 10B muestra otra sección inapropiada de una ranura.

En la figura 11B muestra la forma y el tamaño adecuados que debe tener una ranura -situada en una cara lateral o en una cara superior- para funcionar de manera eficaz.

- 35 La Figura 12 muestra la forma y el tamaño adecuados que deben tener una ranura lateral para funcionar correctamente.

La Figura 13A muestra la posición del Eje Neutro de la sección transversal de un elemento

prefabricado de losa entrepiso, cuando la sección del elemento de entrepiso no está fisurada. La Figura 13B muestra la posición del Eje Neutro bajo esfuerzos de flexión en Estado Límite Último de una entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso. La figura 13C muestra un alzado lateral de uno de los elementos prefabricados de losa de entrepiso y la armadura, como si se hiciera un corte en el medio de la llave de cortante de la junta lateral de concreto y este concreto se hiciera transparente.

La figura 13D muestra una vista en perspectiva de un elemento prefabricado de losa de entrepiso y la armadura, con la llave de cortante de la junta lateral con el concreto hecho transparente.

La figura 14A es una sección transversal de un entrepiso estructural que incluye dos elementos prefabricados de losa de entrepiso que incluyen ranuras laterales verticales y refuerzo negativo colocado en la llave de cortante de la junta lateral de concreto. También se representan las ranuras horizontales laterales, que transfieren esfuerzos cortantes verticales.

La figura 14B muestra una sección longitudinal de un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso y acero de refuerzo negativo colocado en la junta lateral de corte de concreto. En esta figura se muestra el comportamiento que tendría el entrepiso en el caso de que los elementos prefabricados de losa de entrepiso no tuvieran pestaña superior ni ranura lateral,

La figura 14C es una sección longitudinal de un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso y refuerzo de momento negativo colocado en la llave de cortante de la junta lateral de concreto; mostrando grietas llave de cortante de la junta lateral.

La figura 15A es una sección longitudinal de un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso, refuerzo negativo, refuerzo de cortante y refuerzo de postesado, colocado en un conducto.

Las figuras 15B, 15C y 15D muestran alzados y secciones transversales de diferentes posibles refuerzos de cortante a colocar en la llave de cortante de la junta lateral de concreto, en conexión con la armadura negativa, para evitar que se rompa la llave de cortante de la junta lateral de concreto.

La figura 16A muestra una vista en perspectiva del entrepiso estructural, que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso, armadura para resistir momentos negativos y un elemento de soporte lineal sobre el cual debería estar un sistema resistente a momentos, donde se empotra la armadura.

La Figura 16B muestra un diagrama de momentos flectores de un voladizo (momentos negativos), que podría lograrse con el entrepiso estructural representado en 16A.

La Figura 16C muestra un diagrama de momentos flectores de una estructura de dos vanos, con continuidad sobre el apoyo.

La figura 17 muestra una sección vertical paralela a un elemento prefabricado de losa de entrepiso en un entrepiso estructural, que incluye también una armadura embebida en la losa de compresión colada in situ.

La figura 18 muestra un detalle de la figura 17, donde se puede apreciar cómo las fuerzas de compresión se transfieren desde el elemento prefabricado de entrepiso a la losa de compresión colado in situ cuando actúa un momento negativo, girando el elemento prefabricado de entrepiso en sentido anti-horario.

La figura 19 es similar a la figura 17, pero incluye las fuerzas.

La figura 20 es un esquema típico del comportamiento de un elemento de concreto armado, bajo un momento negativo.

La figura 21 muestra una sección vertical según una dirección longitudinal de un elemento prefabricado de losa de entrepiso en un entrepiso estructural, al nivel de la llave de cortante de la junta lateral.

La figura 22 muestra una sección vertical según una dirección transversal de un elemento prefabricado de losa de entrepiso en un entrepiso estructural.

La figura 23 muestra una sección vertical según una dirección longitudinal del entrepiso estructural, donde se muestran los extremos de los alvéolos rellenos con concreto colado in situ, así como armaduras potesadas colocadas en los respectivos conductos.

La figura 24 es una vista en planta de un entrepiso estructural que tiene cuatro elementos cuyos extremos descansan sobre el soporte lineal y que muestra una serie de soluciones para contrarrestar las fuerzas de empuje laterales hacia afuera.

La figura 25 muestra una sección vertical según una dirección transversal de un elemento prefabricado de losa de entrepiso en un entrepiso estructural, donde se representan las fuerzas principales.

La figura 26 muestra una sección vertical según una dirección transversal de un elemento de entrepiso prefabricado en un entrepiso estructural.

La figura 27A muestra una sección vertical según una dirección longitudinal de un entrepiso, en una disposición donde el sistema resistente a momentos es concreto colado entre dos elementos prefabricados de losa de entrepiso enfrentados; con refuerzo debidamente anclado a ambos elementos del entrepiso.

La figura 27B muestra una sección vertical según una dirección longitudinal de un entrepiso, en una disposición donde el sistema resistente a momentos es concreto colado entre una extensión vertical del elemento de soporte lineal y el extremo de los elementos prefabricados de losa de entrepiso; con el refuerzo debidamente anclado a ambos elementos del entrepiso.

Las figuras 28 a 30 muestran disposiciones en las que el sistema de resistencia a momentos

corresponde a una viga perimetral en el extremo del entrepiso.

Las figuras 31 y 32 muestran realizaciones del elemento de soporte lineal en combinación con elementos prefabricados de losa de entrepiso que tienen ranuras superiores y laterales.

5 La figura 33 es una vista esquemática en planta de la disposición experimental utilizada para probar el sistema estructural inventivo.

La figura 34 es un gráfico donde se muestran las curvas de carga - deflexión para un entrepiso estructural según el estado actual de la técnica (PA) y para un entrepiso estructural según el sistema inventivo (IN). (Carga se indica mediante el término LOAD – deflexión se indica mediante el término Deflection)

10 La figura 35 es una fotografía de una disposición que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso lisos y una armadura colocada sobre ellos, antes de verter la losa de compresión de concreto.

La figura 36 es una fotografía de una disposición que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso según la primera variante de la invención, que comprende ranuras
15 longitudinales continuas superiores, el elemento de soporte lineal y una armadura colocada sobre esta disposición (de elementos prefabricados y soporte lineal), antes de colar la losa de compresión de concreto.

La figura 37 es una foto de la disposición experimental utilizada para probar elementos prefabricados de losa de entrepiso lisos, es decir, elementos que no incluyen las
20 características inventivas.

La figura 38 es una fotografía de una disposición experimental utilizada para probar los elementos de entrepiso de la invención.

La figura 39 es una fotografía de una disposición experimental utilizada para probar los elementos de entrepiso de la invención, específicamente en el extremo del elemento de
25 entrepiso donde este descansa sobre el elemento de soporte lineal y donde las ranuras superiores son claramente visibles.

La figura 40 es una fotografía realizada con el elemento de entrepiso prefabricado de la invención, sometido a carga.

La figura 41 es una sección vertical según la dirección longitudinal de una instalación inventiva
30 utilizada para fabricar elementos prefabricados de losa de entrepiso según la primera variante.

La figura 42 es una sección vertical según la dirección transversal de la instalación de la figura 41.

La figura 43 muestra una vista en perspectiva del molde rotatorio utilizado para formar las ranuras superiores continuas.

35 La figura 44 es una sección vertical según la dirección longitudinal de una instalación inventiva utilizada para fabricar elementos prefabricados de losa de entrepiso según la segunda variante.

La figura 45 es una sección vertical según la dirección transversal de la instalación de la figura 44.

La figura 46 muestra una vista en perspectiva del molde rotatorio utilizado para formar las ranuras laterales continuas y los salientes superiores en los elementos prefabricados de losa de entrepiso según la segunda variante.

La figura 47 es una sección vertical según la dirección longitudinal de una instalación inventiva utilizada para fabricar elementos prefabricados de losa de entrepiso según la tercera variante.

La figura 48 es una sección vertical según la dirección transversal de la instalación de la figura 47.

- 10 La Figura 49 es la configuración experimental de ensayos de pequeñas dimensiones para cortante horizontal puro (rasante) en la interfaz entre elementos prefabricados de losa de entrepiso y la losa de compresión colada in situ.

La figura 50 es una imagen de un espécimen después de completar un ensayo de cortante como la descrito en la figura 49.

- 15 La Figura 51 es una Tabla con los resultados de una serie de ensayos a cortante como los descritos en la Figura 49.

La Figura 52 es un gráfico que resume los resultados de una serie de ensayos a cortante como los descritos en la Figura 49.

- 20 La Figura 53 es un entrepiso estructural convencional en fase de construcción, para ser ensayado. El entrepiso se completó únicamente con concreto colado en las juntas laterales y refuerzo negativo, pero no se coló ninguna losa de compresión.

La figura 54 es un entrepiso estructural en fase de construcción, en preparación para ser ensayado, incluyendo elementos de entrepiso de la segunda variante (2), con ranuras laterales (26).

- 25 La Figura 55 muestra un entrepiso estructural terminado, con elementos prefabricados de losa de entrepiso de la segunda variante (2) bajo cargas de ensayo intensas.

La Figura 56 muestra una gráfica Carga – Giro comparando el desempeño del entrepiso convencional (figura 53), denominado F3, y el desempeño del entrepiso estructural realizado con elementos prefabricados de losa entrepiso de la segunda variante (figuras 54 y 55).

- 30 La Figura 57 muestra un gráfico Momento Negativo – Carga, que compara el desempeño del entrepiso convencional (figura 53), denominado F3, y el entrepiso hecho con elementos de entrepiso de la segunda variante (figuras 54 y 55).

La Figura 58 muestra grietas, en una vista detallada del entrepiso estructural convencional anteriormente mostrado en la Figura 53.

- 35 La figura 59 muestra un detalle del apoyo de un elemento prefabricado de losa de entrepiso sobre un elemento de soporte lineal en el entrepiso estructural convencional anteriormente mostrado en la figura 53.

La Figura 60 muestra una vista detallada con importantes grietas aparecidas durante el ensayo realizado en el entrepiso estructural convencional anteriormente mostrado en la figura 53.

La Figura 61 muestra una vista detallada de los daños aparecidos durante la prueba realizada en el entrepiso estructural convencional anteriormente mostrado en la figura 53.

La Figura 62 muestra una parte colapsada del entrepiso estructural convencional previamente mostrado en la Figura 53, después de que el ensayo tuvo que ser detenida, debido al colapso.

La Figura 63 es un esquema de la disposición experimental para un ensayo de tamaño medio realizado en entrepisos estructurales que incluyen elementos de entrepiso (2) con ranuras laterales (26), para evaluar la importancia del refuerzo a cortante (VK) colocado dentro de la llave de cortante de la junta lateral colada in situ. (SK).

La Figura 64 es una imagen de un espécimen que se está ensayando con una disposición experimental como la descrita en la Figura 63.

La Figura 65 muestra una gráfica de Carga – Deflexión de los ensayos realizados en cuatro especímenes, según la disposición experimental descrita en la Figura 63.

La figura 66 muestra diferentes detalles de una instalación alternativa para colar los elementos de entrepiso inventivos.

La figura 67 muestra diferentes detalles de otra instalación alternativa para colar los elementos de entrepiso de la invención.

DESCRIPCIÓN DE UNA FORMA DE REALIZAR LA INVENCION

Descripción de la primera variante de la invención

Como se muestra, por ejemplo en la FIG. 1, se ve un elemento prefabricado de losa de entrepiso según una primera variante. Este elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 tiene generalmente una forma alargada de tal manera que se definen una dirección longitudinal X, una dirección transversal Y y una dirección de altura Z.

A lo largo de la siguiente descripción, estas direcciones siempre se utilizarán con el mismo significado.

Por “alargado” se entiende que la longitud (dimensión en la dirección X) será generalmente más larga que la dimensión en la dirección transversal, es decir el ancho, que a su vez será más largo que la altura (dimensión en la dirección Z). La altura también puede denominarse peralte o profundidad y, en el contexto del estudio de la retracción, también espesor.

También se definen dos caras extremas 11 que delimitan el elemento 1 en la dirección longitudinal X, dos caras laterales 12 que delimitan el elemento 1 en la dirección transversal Y, una cara inferior 13 y una cara plana superior 14 que delimitan el elemento 1 en la dirección

de la altura Z.

Las figuras 4 y 5 muestran, respectivamente, una vista en alzado y una vista en planta de una realización particular de la primera variante 1 del elemento prefabricado de losa de entrepiso, que comprende ranuras transversales continuas 15 en la cara plana superior, pero donde las ranuras sólo están presentes en dos porciones de los extremos, cada una de las cuales cubre 1/3 de la longitud total, de modo que la porción central está desprovista de ranuras. De esta manera, las ranuras están sólo en los lugares donde son útiles, dejando el elemento de entrepiso sin cambios y sin debilitar en la parte central. Tener ranuras sólo en las dos porciones de los extremos del elemento suele ser suficiente en la mayoría de losas, como en los extremos de losas prefabricadas donde se coloca el refuerzo negativo, y es allí donde es más intenso el cortante horizontal en las caras de contacto entre el concreto prefabricado y el concreto colado en obra.

Una realización de esta primera variante en la que toda la cara 14 está cubierta con ranuras 15 es ventajosa, no por razones estructurales, sino por razones de producción. Hace que la producción en serie sea más eficiente ya que permite una fácil eliminación de los segmentos cortos de losa defectuosa que ocasionalmente aparecen durante el proceso de colada en el lecho de colada. La variante con ranuras sólo en los extremos puede exigir la eliminación de partes más grandes de la losa prefabricada sobre el lecho de colada.

El elemento de entrepiso prefabricado 1 también comprende un saliente superior TS en un borde superior de las caras laterales 12, siendo el saliente inferior TL más largo que el saliente superior TS en la dirección transversal Y.

Este elemento es ventajoso cuando se usa en una estructura como se muestra en las Figs. 16A, 17, 18, 19, 20 y 27 A hasta 32. El rendimiento óptimo de la estructura se explicará a continuación con referencia a las Figs. 36, 38, 39 y 40.

La figura 16A muestra una vista en perspectiva del entrepiso estructural, que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso 1 según la primera variante, con ranuras continuas superiores 15, una armadura AS para resistir momentos negativos y un elemento de soporte lineal LS encima del cual un sistema resistente a momentos MS debe ser colocado. La armadura AS está embebida en una losa de compresión de concreto, que no se muestra en este dibujo. Dentro de la losa de compresión, la armadura AS normalmente se colocará lo más alto posible, siempre que se respeten los criterios de recubrimiento adecuados.

La figura 2 muestra una sección paralela a la dirección transversal Y de un entrepiso estructural que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso 1 según la primera variante, que a su vez comprenden ranuras transversales continuas 15 en la cara plana superior 14, y que muestran los elementos principales del entrepiso estructural.

Esta disposición da lugar a los momentos representados en las siguientes Figs. 16B y 16C. Específicamente, la figura 16B muestra un diagrama de momentos flectores de un voladizo

(con momentos negativos), que podría lograrse con el entrepiso estructural representado en 16A. Dicho en otras palabras, el extremo no mostrado en 16A de los elementos prefabricados 1 puede estar o bien apoyado sobre otro elemento de soporte lineal o bien no apoyado (en voladizo).

- 5 La Figura 16C muestra un diagrama de momentos flectores de una estructura de dos vanos, con continuidad sobre el apoyo central y uniones articuladas (simplemente apoyadas) sobre los otros dos apoyos. Este diagrama de momentos lo podría resistir adecuadamente un entrepiso estructural como el que se muestra en 16A (si los elementos prefabricados de losa de entrepiso se colocaran simétricamente en el otro lado del elemento de soporte lineal LS).
- 10 En particular, la Figura 16C muestra claramente que el momento negativo se eleva en la zona de soporte lineal, lo que a su vez disminuye el momento positivo en la mitad del tramo, permitiendo que el sistema soporte más cargas.

La figura 17 muestra una sección de un elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 colocado en un entrepiso estructural, que incluye también una armadura AS embebida en losa de compresión LC colada in situ. El elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 se apoya en la superficie S1 del elemento de soporte lineal LS.

La figura 19 es similar a la figura 17, pero incluye las tensiones ["stresses"]. La parte inferior del elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 comprime el relleno de concreto CF, mientras que la parte superior del elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 actúa sobre la losa de compresión ~~LS-LC~~ arrastrándola, gracias al efecto de las ranuras 15, y provocando tracción en ~~el refuerzo de acero~~ armadura AS, representada por las flechas orientadas a la izquierda.

La figura 18 muestra un detalle de la figura 17, donde se puede observar cómo se transfieren las fuerzas de compresión desde el elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 en la losa de compresión ~~LS-LC~~ colado in situ cuando actúa un momento negativo. La figura 20 es un

25 esquema típico del comportamiento de un elemento de concreto armado, bajo un momento negativo.

En las figuras 27A a 32 se representan diversas variantes convencionales de un sistema resistente a momentos MS en las que ~~el refuerzo negativo~~ armadura AS está ~~empotrado~~ empotrada para garantizar el correcto empotramiento de los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 3 en su apoyo.

La Figura 27A muestra dos elementos de entrepiso 1 apoyados en un elemento de soporte lineal LS tal que un muro. Cada uno de los elementos de entrepiso 1, en combinación con la losa de compresión LC y el relleno de concreto colocado entre ambos elementos de entrepiso, actúa como un sistema resistente a momentos MS del elemento prefabricado 1 opuesto. Así,

35 el empotramiento se consigue por el hecho de que ~~el refuerzo negativo~~ armadura -AS está ~~embebido~~ embebida en la losa de compresión LC a ambos lados del eje del elemento de soporte lineal LS.

La figura 27B es similar a la 27A, pero en este caso el elemento de soporte lineal LS que es una viga prefabricada, con un alma central que sobresale. Para que el sistema resistente a momentos funcione correctamente, el espacio entre el alma de la viga LS y los extremos de los elementos del entrepiso 1 debe rellenarse con concreto colado in situ.

5 La figura 28 muestra un elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 soportado por un elemento de soporte lineal LS tal que un muro. El sistema resistente a momentos MS es una viga perimetral de concreto armado colado in situ, que incluye estribos. ~~El refuerzo negativo~~ La armadura AS está ~~embebido-embebida~~ en el sistema resistente a momentos MS para lograr un empotramiento adecuado del elemento prefabricado de losa de entrepiso 1.

10 La figura 29 es similar a la 28. La principal diferencia es que el muro LS incluye un murete lateral, lo que permite el colado de la viga perimetral MS sin necesidad de encofrado lateral. La figura 30 es similar a la 28, pero el elemento de soporte lineal LS aquí es una viga prefabricada con un alma central saliente. La viga, junto con el concreto que se cuela in situ alrededor del alma de la viga prefabricada forman el sistema resistente a momentos MS, en el que se empotra ~~el refuerzo negativo~~ la armadura AS para conseguir el empotramiento del elemento prefabricado de losa de entrepiso 1.

La figura 32 es muy similar a la 27A, pero en la figura 32 los elementos de entrepiso 3 son de la tercera variante.

La figura 31 muestra un elemento de entrepiso 3 soportado sobre una ménsula de un elemento de soporte lineal LS que incluye ~~un refuerzo negativo~~ la armadura AS sobresaliente para ser empotrado en la losa de compresión LC. El sistema resistente a momentos MS está formado por el elemento de soporte lineal LS y el concreto colado in situ situado entre el elemento de soporte lineal LS y la cara extrema del elemento de entrepiso 3. Las variantes mostradas en las figuras 8A y 8B, también provistas de ranuras en la superficie superior, son otras realizaciones del elemento de entrepiso estructural que pueden funcionar como se ha mostrado hasta ahora.

La figura 8A muestra una vista en perspectiva de la primera variante del elemento prefabricado de losa de entrepiso bajo la forma de una losa doble T, T1, que comprende ranuras superiores transversales continuas en la losa plana superior T11. Hay dos almas verticales paralelas T12, T13 unidas a la losa plana superior T11 o ala, de manera que se obtiene la sección doble T. La figura 8B muestra otra variante que comprende las ranuras transversales continuas en la cara plana superior 14, aquí referida como losa en U invertida.

La armadura tiene un diámetro comprendido entre 10 y 20 mm, y la losa de compresión LC tiene una altura de al menos 50 mm.

Descripción de la segunda variante de la invención

La figura 6 muestra otra variante del elemento de elemento prefabricado de losa de entrepiso 2 que tiene una forma alargada donde se definen una dirección longitudinal X, una dirección transversal Y, una dirección de altura Z, dos caras extremas 21 que delimitan el elemento 2 en la dirección longitudinal X, dos caras laterales 22 que delimitan el elemento 2 en la dirección transversal Y, una cara inferior 23 y una cara plana superior 24 que delimitan el elemento 2 en la dirección de altura Z, con un saliente superior TS en un borde superior de las caras laterales 22, con un saliente inferior TL en un borde inferior de las caras laterales 22, y comprende ranuras laterales verticales 26 en las caras laterales 24, extendiéndose las ranuras laterales 26 desde un saliente inferior TS hasta la cara plana superior 24.

Por tanto, la diferencia con la primera variante es que las ranuras son laterales.

El elemento prefabricado de losa de entrepiso comprende un saliente inferior TL en un borde inferior de las caras laterales 22, siendo el saliente inferior TL más largo que el saliente superior TS en la dirección transversal Y.

Una realización alternativa de esta segunda variante se puede ver en la figura 14A, donde un saliente superior TS se reemplaza por una ranura longitudinal LG en las caras 22.

Como en la primera variante, y como se muestra en la FIG. 6, en una realización preferida, las ranuras laterales 26 están presentes sólo en dos partes extremas, cada una de las cuales cubre 1/3 de la longitud total, de modo que la parte central está desprovista de ranuras. De esta manera, las ranuras están sólo en los lugares donde son útiles, dejando el elemento de entrepiso sin cambios y sin debilitar en la parte central.

Como se muestra, por ejemplo, en las Figs. 7, 9A, 14B, 21 a 26, este elemento prefabricado de losa de entrepiso 2 está destinado a ser dispuesto de lado con lado a otro elemento de entrepiso 2 en la dirección transversal Y y luego ambos apoyados en sus extremos sobre dos elementos lineales de soporte LS, como paredes o vigas dispuestas en la dirección transversal Y. En particular, estos elementos 2 permiten - mediante la disposición de una armadura AK dentro la parte superior de la junta lateral SK formada por colado de concreto en el volumen delimitado por las caras laterales y los salientes y extendiéndose (la armadura AK) más allá de las caras extremas 21- transmitir fuerzas de tracción que tienen la dirección longitudinal X gracias a las ranuras laterales 26. Estas fuerzas de tracción en el refuerzo SK, en combinación con las fuerzas de compresión que actúan sobre la parte inferior de las caras extremas 21 permiten así transmitir momentos negativos a través de dicha cara, siendo estos momentos alrededor de un eje en la dirección Y.

La figura 7 muestra una sección paralela a la dirección transversal Y de un entrepiso estructural que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso 2, que comprenden ranuras laterales 26 en las caras laterales 22, extendiéndose las ranuras laterales 26 desde un saliente inferior TL hasta la cara superior 24, y mostrando los elementos principales del entrepiso estructural.

Descripción del mecanismo de resistencia a flexión

La figura 13C muestra un alzado (o elevación) lateral de uno de los elementos prefabricados de losa de entrepiso 2 y la armadura AK, como si se hiciera un corte en el medio de la llave de cortante de la junta lateral de concreto SK y este concreto se hiciera transparente. Junto al alzado (o elevación) se representan el esquema de deformaciones (elongaciones) y el esquema de equilibrio de la sección. Este segundo incluye tanto tensiones como fuerzas.

La figura 13D muestra una vista en perspectiva de un elemento prefabricado de losa de entrepiso 2 y la armadura AK, mientras que la llave de cortante de la junta lateral de concreto SK se hace transparente. La figura explica cómo al hallarse la armadura AK bajo tensión, arrastra la llave de cortante de la junta lateral de concreto SK, que a su vez ejerce una compresión FSK sobre el elemento prefabricado de losa de entrepiso 2. Las tensiones de compresión σ_{SK} se representan sobre el elemento de entrepiso 2. Es relevante señalar, como se puede apreciar en la Figura 13D, que la superficie lateral de la ranura es fundamental para el buen funcionamiento de esta solución, y tiene especial importancia la parte de esta superficie que se encuentra cerca de la superficie superior (24). Además, la eficacia del refuerzo AK depende directamente de su posición en altura. Por eso siempre debe colocarse lo más alto posible respetando los criterios de recubrimiento adecuados.

Cuando los elementos prefabricados de losa de entrepiso no tienen una losa de compresión, se coloca ~~un refuerzo negativo~~ una armadura a los lados de cada elemento de entrepiso, en las cavidades CC relativamente estrechas rellenas de concreto entre los elementos de entrepiso 2, que forma una nervadura o llave de cortante SK resistente a momentos negativos. Esto significa que la mayor parte de la carga del entrepiso se aplica directamente sobre el elemento prefabricado de losa de entrepiso, y sólo una pequeña parte se aplica directamente sobre la llave de cortante de la junta lateral SK. Sin embargo, los elementos prefabricados de losa de entrepiso no están directamente empotrados, por lo que no son resistentes a momentos negativos. Esta situación tiende a hacer que los elementos prefabricados del entrepiso, más cargados, se flecten (deformen) como un elemento articulado (simplemente apoyado), mientras que la nervadura colada in situ o la llave de cortante SK deflece (deforma) mucho menos, así que lo hace un elemento doblemente empotrado. Como existe una llave de cortante, un saliente superior TS o una ranura longitudinal LG, que transmite esfuerzos cortantes verticales en las caras verticales 22 del elemento prefabricado de losa de entrepiso, se evita la deflexión diferencial. Como resultado, los elementos prefabricados de losa de entrepiso igualan su deflexión a la de la nervadura colada in situ o llave de cortante SK. Esto sucede gracias a que los elementos del entrepiso “se cuelgan” de la nervadura o llave de cortante SK. Esta “suspensión” significa una importante transferencia de carga desde el

elemento del entrepiso a la nervadura o llave de cortante de la junta lateral SK, lo que hace que esta nervadura deba resistir importantes esfuerzos cortantes.

Es necesario un refuerzo para que la nervadura no se rompa bajo estas importantes fuerzas cortantes. Por lo tanto, si se coloca ~~refuerzo negativo~~armadura sólo dentro de las nervaduras,

ya que no hay losa de compresión para colocar esos refuerzos a momentos negativos, también se requiere refuerzo de cortante para resistir la considerable transferencia de esfuerzo cortante desde los elementos prefabricados de entrepiso a la nervadura o llave de cortante de la junta lateral SK.

La figura 13A muestra la posición del Eje Neutro NA de la sección transversal de un elemento de entrepiso prefabricado 2, cuando la sección del elemento no está fisurada.

La Figura 13B muestra la posición del Eje Neutral NA bajo las fuerzas de flexión en Estado Límite Último de una estructura de entrepiso que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso 2. En el caso representado, el entrepiso estructural se encuentra sometida a un momento negativo. En esta situación, sólo la parte inferior de la sección transversal (sombreada) de los elementos prefabricados de losa de entrepiso está sometida a compresión, mientras que el resto de la sección transversal está sometida a tracción. En el centro, la armadura AK está sometida a tracción.

Por un lado, el hecho de que el eje neutro en Estado Límite Último (ELU) esté tan bajo para momentos negativos, y por otro lado el hecho de que en la variante 2 las caras laterales 22 son las únicas superficies de contacto entre el concreto colado in situ y el concreto prefabricado capaz de transferir momentos negativos de los elementos del entrepiso 2 a la ~~refuerzo negativo~~armadura, explica la importancia de que las ranuras laterales (verticales) 26 se hagan lo más grandes posible: extendiéndolas desde el saliente inferior TL hasta la cara plana superior 24.

Descripción de fuerzas oblicuas no deseadas y su solución

La figura 9A muestra una planta de entrepiso estructural que comprende varios elementos prefabricados de losa de entrepiso 2 y su apoyo sobre un elemento de soporte lineal LS, mostrando también las armaduras de momentos negativos AK colocadas dentro la llave de cortante de la junta rellena de concreto SK. Se muestran fuerzas de compresión paralelas a la dirección transversal Y, como las que ejerce una armadura postesada transversal.

La figura 9B es un detalle de la vista en planta de la figura 9A. En esta figura 9B se superpone un esquema de bielas y tirantes a los elementos principales de la estructura. Sobre el acero de refuerzo AK se puede ver un tirante con una fuerza de tracción creciente. Esta fuerza de tracción sobre la armadura de refuerzo AK se incrementa por las compresiones (bielas) ejercidas por los elementos prefabricados de losa de entrepiso 2, a través de las ranuras

laterales y dentro de la llave de cortante de la junta lateral SK. El sistema se equilibra provocando tensiones (y fisuras -representadas como ondulaciones-) en el elemento lineal de apoyo LS. Estas compresiones diagonales son perpendiculares a las tracciones máximas que tienden a provocar fisuras en la cara plana superior 24 del elemento de entrepiso 2. Tanto las

5 fisuras -representadas como ondulaciones- en el elemento de soporte lineal LS como las de la cara plana superior 24 del elemento de entrepiso pueden subsanarse mediante fuerzas de compresión paralelas a la dirección transversal Y, tales como las fuerzas ejercidas por el postesado.

La figura 24 es similar a la 9A pero muestra en el lado izquierdo losas alveolares cortados a la mitad de su altura. En esta figura se representan cuatro soluciones alternativas o complementarias para controlar el agrietamiento diagonal en la cara plana superior 24, y para evitar el desplazamiento lateral de elementos prefabricados de losa de entrepiso situados en el perímetro del entrepiso estructural. Téngase en cuenta que este tipo de falla no es relevante en los elementos interiores de los entrepisos, ya que estos elementos ya están confinados.

15 Así, las cuatro soluciones mencionadas son: 1) Postesado en la dirección paralela al elemento de soporte lineal; 2) Postesado colocando un tendón en cada llave de cortante de junta lateral SK; 3) Vigas perimetrales (zunchos) (parte superior e inferior de la figura); 4) Ranuras o dientes que bloquean el movimiento lateral. En el caso representado en la figura 24 se muestra una solución que consiste en rellenar con concreto colado in situ una pequeña longitud de

20 todos los alvéolos. Esto se logra hundiendo ligeramente cada tapón (T) en su alvéolo.

Descripción del mecanismo de resistencia a cortante vertical de la nervadura o llave de cortante de la junta lateral SK

25 La figura 14A muestra un detalle de una estructura formada por dos elementos de entrepiso 2 con ranuras verticales laterales y ranuras horizontales laterales SG. Entre los dos elementos del entrepiso, se forma una llave de cortante SK con concreto colado in situ, que incluye armadura de refuerzo AK embebida en el mismo. Como se mencionó anteriormente, los elementos de entrepiso 2 típicamente articulados (simplemente apoyados) tienden a deflectar más que la nervadura colada in situ o llave de cortante de la junta lateral SK, intentando

30 deformarse hacia abajo (como sugieren las grandes flechas hacia abajo en la figura 14A), pero gracias a las ranuras horizontales SG que actúan como llave de cortante para esfuerzos cortantes verticales, se evita la deflexión hacia abajo de los elementos prefabricados de losa de entrepiso y se transfiere un intenso esfuerzo cortante vertical a la nervadura colada in situ

35 o llave de cortante de la junta lateral SK. Por tanto, los elementos prefabricados de losa de entrepiso “cuelgan” de las nervaduras SK.

La variante mostrada en la figura 8C también está provista de ranuras 26 en las caras laterales

22. Esta forma de realización y otras formas de realizaciones similares de la estructura pueden funcionar como se ha explicado de acuerdo con la segunda variante de la invención.

La figura 14B muestra una sección longitudinal de un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso 2 y acero de refuerzo negativo AK colocado en la junta lateral de corte de concreto SK. En esta figura se muestra el comportamiento que tendría el entrepiso en el caso de que los elementos prefabricados de losa de entrepiso 2 no tuvieran pestaña superior TS ni ranura lateral SG: el elemento de entrepiso prefabricado deflectaría (deformaría) más, como un elemento simplemente apoyado, y la llave de cortante de la junta lateral SK deflectaría (deformaría) mucho menos, como un elemento doblemente empotrado.

La figura 14C es una sección transversal longitudinal de un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso 2 y refuerzo negativo AK colocado en la cortante de la junta lateral de concreto SK. Se representan grietas, que aparecen en cortante de la junta lateral de concreto SK debido al intenso esfuerzo cortante vertical, debido al hecho de que los elementos del entrepiso 2 tienden a “colgar” de la junta lateral de cortante SK, como se ilustra en 14A.

En algún caso, como el que se muestra en las figuras 15A, 21 y 22, la estructura comprende armaduras VK colocadas en la llave de cortante de la junta lateral SK y que se extienden (las armaduras) desde la parte superior a la parte inferior de la llave de cortante, de modo que permite que la llave de cortante de la junta lateral de concreto resista típicamente altas tensiones cortantes verticales.

La figura 15A es una sección longitudinal de un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso 2, refuerzo negativo AK, refuerzo cortante VK y refuerzo postesado PTT, colocado en un conducto D. No aparecen grietas, ya que la llave de cortante de la junta lateral SK de concreto soporta adecuadamente los intensos esfuerzos de cortante verticales, gracias al adecuado acero de refuerzo.

La colocación de postesado PTT en la llave de cortante de la junta lateral SK tiene la ventaja adicional de evitar grietas en la superficie plana superior 24, como las representadas en las figuras 9B, 24 y 60, lo que aumenta mucho la rigidez de todo el entrepiso, reduciendo su deflexión (deformación vertical: flecha).

La figura 21 muestra una sección paralela a un elemento prefabricado de losa de entrepiso 2 en un entrepiso estructural, cortando el entrepiso estructural a través de la llave de cortante de junta lateral de hormigón SK. Se incluye refuerzo de cortante VK. Este entrepiso no incluye postesado PTT, ya que puede no ser necesario en los casos en que las cargas sobre el entrepiso no sean intensas.

La figura 22 muestra un entrepiso estructural en una sección transversal a los elementos prefabricados de losa de entrepiso 2 con ranuras laterales 26, que incluye una llave de

cortante de junta lateral SK colada in situ y un refuerzo AK de flexión y refuerzo de corante VK embebido dentro de la junta lateral de cortante SK. En este tipo de elementos de entrepiso 2, el saliente inferior TL suele ser más grande que en los elementos de entrepiso convencionales actualmente. Este aumento en el tamaño de los salientes inferiores TL tiene como objetivo aumentar el ancho de la llave de cortante SK colada in situ, ya que es el único lugar donde colocar el refuerzo negativo SK, el refuerzo de cortante VK y el refuerzo de postesado PTT (en caso de haberlo). Además, como es el único lugar donde se puede colocar toda la armadura, las fuerzas suelen estar muy concentradas y las barras de refuerzo tienen grandes diámetros.

- 10 No es raro utilizar 1 o 2 varillas de 20 mm o 25 mm de diámetros colocados una al lado de la otra, más un refuerzo cortante de 8 mm a 12 mm de diámetro. Por supuesto, se debe garantizar un recubrimiento adecuado de concreto alrededor de las barras de refuerzo. Como resultado, la anchura media de la llave de cortante de la junta lateral SK difícilmente será inferior a 100 mm.
- 15 La figura 23 muestra una sección paralela a un elemento prefabricado de losa de entrepiso 2 en un entrepiso estructural, cortando el entrepiso estructural a través de un alvéolo en el elemento de entrepiso 2. Un tapón T, destinado a bloquear la entrada de concreto colado in situ en la losa alveolar, se inserta intencionadamente ligeramente en el alvéolo, para permitir que el concreto colado in situ llene el extremo del alvéolo.
- 20 Las Figuras 15B, 15C y 15D muestran alzados y secciones transversales de diferentes posibles refuerzos de cortante a colocar en la llave de cortante de la junta lateral de concreto SK, en conexión con la armadura de momentos negativos AK, para evitar que la junta lateral de cortante de concreto SK se rompa debido a los intensos esfuerzos cortantes verticales, así como se muestra en la figura 62. 15B muestra estribos típicos. 15D muestra un refuerzo cortante en forma de Z. 15D muestra espárragos de cortante (*"shear studs"*).
- 25

La figura 3 muestra una vista en perspectiva de la tercera variante del elemento prefabricado de losa de entrepiso 3, combinación de la primera 1 y segunda 2 variantes del elemento de entrepiso prefabricado, que comprende ranuras superiores continuas transversales 15 y ranuras laterales 36 en las caras laterales.

30

Detalles sobre las ranuras

Las figuras 10A y 11A representan dos secciones transversales inapropiadas de una ranura. Cuando la armadura se somete a tracción, tira del concreto colado in situ (sombreado), y la forma inadecuada de la ranura tenderá a separar el concreto prefabricado (en blanco) del concreto colado in situ. 10A representa una forma redondeada de la sección transversal; y 11A una cara lateral de la ranura excesivamente inclinada (más de 10°).

35

La figura 10B muestra otra sección transversal inapropiada de una ranura. Esta forma del elemento prefabricado hace prácticamente imposible una correcta compactación del concreto prefabricado. Además, es muy difícil (o imposible) de desmoldear. Si se resolvieran estas dificultades, la forma tendería a romperse fácilmente (como se muestra) cuando el refuerzo tirara del concreto colado in situ.

En la figura 11 B se muestra la forma y el tamaño adecuados que debe tener una ranura - situada en una cara lateral o en una cara superior- para funcionar de manera eficaz. La inclinación de las caras laterales de la ranura no debe desviarse más de 10° de la perpendicular a la dirección del esfuerzo cortante (típicamente paralelo a la superficie de contacto entre el elemento prefabricado y el concreto colado in situ). La profundidad dg de la ranura no debe ser menor que 1 vez el diámetro del agregado más grande del concreto colado in situ. La anchura wg de la ranura, medida paralela a la dirección longitudinal X, no debe ser inferior a 1,5 veces el diámetro del mayor agregado del concreto colado in situ.

La Figura 12 muestra la forma y el tamaño adecuados que deben tener una ranura lateral para funcionar correctamente. Los valores para la profundidad dg y el ancho de la ranura wg son los ya definidos. La dimensión vertical debe ir desde un saliente inferior TL hasta la cara superior 24.

Los tamaños mínimos mencionados anteriormente tienen como objetivo evitar eficazmente el deslizamiento del concreto colado en obra desde su posición sobre el elemento prefabricado.

Esto se consigue por un lado asegurando el correcto llenado de las ranuras por parte del concreto colado en obra; y por otro lado asegurando que los esfuerzos cortantes actúen sobre el agregado y no sólo sobre la matriz de cemento que envuelve el agregado; para así evitar que el agregado del concreto colado in situ se desprenda de su matriz de cemento. El diámetro típico de los agregados más grandes varía de 10 mm a 20 mm. Por tanto, la altura y el ancho (de las ranuras) deben ser al menos de 10 mm y 15 mm, respectivamente; pero generalmente se recomiendan 20 mm y 30 mm, respectivamente, para cubrir una mayor variedad de tamaños de agregados con la misma geometría de las ranuras.

Respetando estos criterios, se garantiza un modo de fallo estructural en el que o bien el concreto colado in situ rompe a cortante o bien el concreto del elemento prefabricado rompe a cortante; pero nunca se produce una rotura en la interfaz (separando ambos concretos). Este segundo tipo de rotura no es deseable, ya que es muy difícil de predecir, porque depende de una serie de factores aleatorios (historial de humedad, historial de temperatura, insolación directa, viento, suciedad in situ, lluvia in situ) o de factores que son casi imposibles de controlar de una obra a otra (formulación de la mezcla, grado de compactación del concreto colado in situ; edad de los elementos prefabricados cuando se vierte el concreto colado in situ, etc). Estos factores tienen una influencia muy fuerte en la retracción diferencial y en la rigidez diferencial de los dos concretos. Además, la influencia de varios de estos factores en la

resistencia a cortante (rasante) de la interfaz ni siquiera se describe en la mayoría de los códigos estructurales habituales, que basan principalmente sus fórmulas en principios de cohesión-adhesión de la interfaz. Por lo tanto, una predicción adecuada de la resistencia a cortante (rasante) de la interfaz es extremadamente difícil de lograr.

- 5 Por el contrario, cuando se dispone de ranuras profundas, que garantizan un modo de fallo estructural que provoca la ruptura de uno de los dos concretos (en lugar del fallo de la interfaz) permite una muy buena predicción de la resistencia real de la unión. Esto se debe a que la resistencia al cortante del concreto (un sólo material) es muy conocida y está bien descrita en los códigos. Sólo depende de la resistencia a tracción del concreto, que a su vez depende de su resistencia a compresión. Por tanto, no entra en juego ninguno de los factores aleatorios mencionados.

El espacio entre las ranuras debe ser preferiblemente proporcional al ancho de la ranura. La relación entre la separación de las ranuras y el ancho de las ranuras debe ser similar a la relación de la resistencia a cortante (o a tracción) del concreto prefabricado con la resistencia a cortante (o a tracción) del concreto colado in situ. (Aquí se considera que la resistencia a cortante del concreto sin armadura es proporcional a la resistencia a tracción) Cuando se respete esta proporcionalidad, ambos materiales se romperán al mismo tiempo. Es decir, ni los dientes de concreto prefabricado (protuberancias situadas entre cada par o ranuras) ni los dientes de concreto colado in situ (formados al rellenar las ranuras) son claramente más débiles que su contraparte, evitando puntos débiles en la conexión que llevarían a rebajar la resistencia al cortante horizontal de la conexión.

Descripción de los resultados experimentales de la resistencia a cortante horizontal (rasante) y su relación con la retracción diferencial

25 Se ha realizado una serie de ensayos para evaluar la resistencia a cortante horizontal (rasante) de diferentes geometrías de la superficie de contacto (interfaz) de un elemento de entrepiso prefabricado y una losa de compresión colada sobre él. Se han realizado tres tipos de ensayos: a) Ensayos con especímenes pequeños sometidos a cortante horizontal puro (35 ensayos); b) Ensayos con especímenes de tamaño medio sometidos al cortante horizontal inducido por flexión (6 ensayos); c) Especímenes de gran tamaño sometidos al cortante horizontal inducido por flexión (2 ensayos).

Los diferentes tipos de ensayos dieron resultados coherentes. A continuación también se describen los resultados de los ensayos con especímenes pequeños, ya que son los más representativos.

Se han probado cinco tipos de superficies:

- 1) Superficie lisa (Figuras 51 y 52) [17 especímenes + 2 especímenes de tamaño mediano +

1 espécimen grande].

2) Superficie cepillada, con rayaduras de menos de 2 mm de profundidad (Figuras 51 y 52) [2 especímenes]

3) Superficie con hendiduras, 2 cm de profundidad (Figuras 51 y 52) [4 especímenes + 2 especímenes de tamaño mediano]

4) Superficie con ranuras transversales poco profundas, 1 cm de profundidad (Figuras 51 y 52) [2 especímenes]

5) Superficie con ranuras transversales apropiadas, 2 cm de profundidad (Figuras 51 y 52) [10 especímenes + 2 especímenes de tamaño mediano + 1 espécimen grande]

10 Los dos casos más estudiados son las superficies lisas (lote 1) y las superficies con ranuras transversales apropiadas (lote 5); también se ha estudiado el caso de las hendiduras (lote 3). En todos estos casos, se han ensayado distintos concretos a distintas edades. Estos diferentes concretos y edades han sido diseñados para dar lugar a diferentes contracciones diferenciales, con el fin de evaluar la influencia de este fenómeno en la resistencia a cortante horizontal (rasante).

La Figura 49 muestra el diseño del ensayo de cortante horizontal puro, en especímenes pequeñas. Los elementos prefabricados de losa de entrepiso utilizados son segmentos de losas alveolares. Las dimensiones están en mm. Dos elementos de entrepiso lisos 31 están dispuestos uno frente al otro pero separados 40 mm por un espacio G1. Se dispone una lámina horizontal 32 sobre la junta y luego se cuela una losa de compresión 33. A continuación, se aplica un peso 34 sobre la junta, para evitar el levantamiento de los elementos 31 del entrepiso. En los extremos libres de las placas, están dispuestas placas de presión verticales 35, a través de las cuales se pasa un tensor de acero 36. De esta forma las fuerzas P se pueden aplicar en el extremo derecho, es decir se aplica tracción al tensor de acero apoyándose en la placa de presión 35. Esto hace que los elementos de entrepiso se acerquen y se pueda determinar el comportamiento de la junta entre la losa de compresión 33 y el elemento de entrepiso liso 31 a nivel de la interfaz entre ambos.

La Figura 50 es una imagen de un espécimen con una superficie de contacto lisa justo después de que se ha completado el ensayo de resistencia al cortante horizontal puro. La conexión está completamente rota y la losa de compresión se ha deslizado de su lugar original.

La Figura 51 es una tabla que incluye los resultados de los ensayos a pequeña escala. Las resistencias a cortante horizontal (rasante) indicadas en la tabla son valores promedio de cada serie de pruebas. Por tanto, la serie completa de resultados incluye resistencias considerablemente por encima y por debajo de estos valores promedio.

La Figura 52 es un gráfico que muestra los rangos de resistencias al cortante (rasante) obtenidas en ensayos pequeños. La revisión de todos los resultados conduce a las siguientes

conclusiones:

i) Existe una dispersión muy notoria en los resultados.

ii) La dispersión en los resultados se puede explicar parcialmente al realizar ensayos en las que la retracción diferencial es muy diferente. De hecho, la dispersión debida a la retracción diferencial (que no se describe aquí en detalle) pone en evidencia que la retracción diferencial

tiene una influencia notable en la modificación de la resistencia a cortante (rasante) de la junta. iii) Si comparamos sólo los peores resultados de resistencia de cada tipo de superficie de contacto, se ve que las superficies lisas y las superficies cepilladas (estas últimas, sólo 2 muestras) tienen una resistencia al cortante despreciable, y que las superficies con hendiduras tienen una resistencia cortante mínima de 0,20 MPa; mientras que las superficies con ranuras (sin importar su profundidad) tienen en todos los casos resistencias superiores a 0,75 MPa.

iv) Si suprimimos de la serie de resultados, los del peor concreto para la losa de compresión, la resistencia mínima a cortante de las ranuras de la profundidad adecuada se eleva a 1, 00 MPa; mientras que las resistencias mínimas para superficies lisas no mejoran.

Descripción de los resultados experimentales de la primera variante

Los elementos prefabricados según la primera variante se probaron con éxito como se describe en esta sección.

La FIG. 33 es una vista en planta esquemática de la configuración del ensayo, que comprende:

- Los actuadores (ACTUADOR 1, ACTUADOR 2) son gatos hidráulicos que aplican cargas verticales en cada uno de los dos vanos, con una disposición que simula, con razonable precisión, una carga superficial uniforme;

- Las células (CELULA 1, CELULA 2, CELULA 3, CELULA 4) son células de carga que miden indirectamente la reacción vertical del elemento de soporte lineal colocado en la parte central de la configuración del ensayo;

- SG1, SG2... son las galgas extensométricas para medir los alargamientos;

- Las galgas superiores SGA y SGB miden las elongaciones (alargamientos) de la superficie superior situada sobre la parte superior de los extremos de las losas prefabricadas;

Para realizar una comparación válida con los sistemas del estado del arte, se utilizaron las configuraciones del ensayo de las FIGS. 35 y 36. La configuración de la FIG. 35 es un sistema con losas alveolares lisas, es decir convencionales, donde se ha colocado un refuerzo de momentos negativos en la losa de compresión, lo cual es inusual en la práctica convencional.

Eso se ha hecho para poner en evidencia por qué el refuerzo de momentos negativos no es efectivo (y por lo tanto no se usa) en la práctica convencional. Por otro lado, la de la FIG. 36 es una configuración que incluye elementos de entrepiso (en particular losas alveolares) como

las de la presente invención.

En la FIG. 37 se muestra un detalle de la estructura de la FIG. 35, mientras que un detalle de la estructura de la FIG. 36 se muestra en la FIG. 38, que muestra claramente una ranura 15 llena de concreto. La FIG. 39 permite apreciar la losa de compresión de concreto LC que llena las ranuras superiores 15 de un elemento prefabricado de losa de entrepiso 1.

La FIG. 34 muestra las gráficas comparativas carga-deformación entre el sistema de entrepiso con losas alveolares convencionales con capa (incluyendo refuerzo negativo) según se muestra en la FIG. 35 (curva PA) y un sistema de entrepiso según la presente invención (curva IN), mostrado en la FIG. 36. Aquí se ve claramente que la carga de rotura máxima en el primer caso (PA) es 295 kN, mientras que cuando se usa el sistema de la FIG. 16A (correspondiente al diagrama de momentos 16C), se obtiene un valor máximo de carga última de 480 kN. También se puede observar que en la gráfico correspondiente a una configuración según la técnica convencional (PA) la adherencia ya está rota a 240 kN y a partir de esta carga, el entrepiso se comporta simplemente como una losa alveolar; que sólo incluye refuerzo de momento positivo. Por lo tanto, no existe una conexión adecuada entre el elemento de entrepiso prefabricado y la losa de compresión, donde está embebido el refuerzo negativo. Bajo la carga de 240 kN, cuando se rompe la conexión, el esfuerzo cortante horizontal (rasante) máximo es de 0,28 N/mm² y el esfuerzo cortante horizontal promedio en la cara de contacto del concreto prefabricado y el concreto colado in situ es de 0,14 N/mm². Esto es totalmente coherente con las pruebas a pequeña escala de resistencia a cortante horizontal (rasante).

La foto de la Fig. 40 muestra un entrepiso según la invención, sometido a una carga de 483 kN por cada actuador (gato hidráulico), donde se aprecian las ranuras superiores continuas. Se ve que incluso en estas condiciones extremas la pieza prefabricada sigue en buen estado. Bajo la carga de 483 kN, cuando el entrepiso estructural alcanza el ULS bajo flexión, la conexión en la superficie de contacto está totalmente intacta. Bajo esta carga, el esfuerzo cortante horizontal máximo en la cara de contacto del concreto prefabricado y el concreto colado in situ es de 0,57 N/mm², el esfuerzo cortante horizontal promedio en la zona ranurada (1/3 final de la longitud) es de 0,38 N/mm²; y el esfuerzo cortante horizontal medio en el 1/3 central de las losas es de 0,10 N/mm². Los valores de las tensiones en la zona ranurada son entre 1,40 veces y 2,11 veces, respectivamente, menores que la resistencia mínima al cortante horizontal (0,80 N/mm²) de las juntas entre de la losa de compresión y los elementos prefabricados con ranuras como los definidos en esta invención, cuando la losa de compresión se realice con el peor concreto de los incluidos en los ensayos.

Estos valores son el coeficiente de seguridad de la conexión de la disposición estructural ensayada (FIG 33). Este coeficiente de seguridad puede llegar hasta 1,75 y 2,63, respectivamente, si adoptamos la resistencia mínima al cortante horizontal de las juntas (1,00

N/mm²) donde se utiliza el segundo peor concreto para la losa de compresión.

En la práctica más común, el esfuerzo cortante horizontal máximo de los entrepisos estará por debajo de 0,35 N/mm². Esto corresponde a tensiones medias de 0,23 N/mm² cuando las ranuras están sólo en el último 1/3 de los elementos del entrepiso, y de 0,175 N/mm² cuando las ranuras cubren el elemento del entrepiso completo. Sólo en condiciones extremadamente severas puede el esfuerzo cortante horizontal pico subir excepcionalmente a 0,50 N/mm². En todos estos casos, los coeficientes de seguridad se resumen en la siguiente tabla.

Esfuerzo cortante horizontal <u>factorizado</u> (N/mm ²) [$\tau_d = 1.4 \cdot \tau_k$]			Coeficiente de seguridad	
			Segundo peor concreto	Peor concreto
Mayores esfuerzos en situaciones convencionales	Factored peak stress (<i>extremo de losa</i>)	0,35	2,86	2,23
	Esfuerzo promedio factorizado (<i>Solamente ranuras en un tercio extremo de la losa</i>)	0,23	4,29	3,43
	Esfuerzo promedio factorizado (<i>ranuras sobre toda la losa</i>)	0,175	5,71	4,57
Mayores esfuerzos en situaciones extremas	Esfuerzo pico factorizado (<i>extremo de losa</i>)	0,50	2,00	1,60
	Esfuerzo promedio factorizado (<i>Solamente ranuras en un tercio extremo de la losa</i>)	0,33	3,00	2,42
	Esfuerzo promedio factorizado (<i>ranuras sobre toda la losa</i>)	0,25	4,00	3,20

Observando los resultados en la tabla, se puede ver que la solución con ranuras es suficientemente segura en todos los casos, independientemente del tipo de concreto utilizado para la losa de compresión.

Descripción de los resultados experimentales de la segunda variante

Los elementos prefabricados según la segunda variante se probaron como se describe en esta sección y mostraron un rendimiento mucho mejor que un entrepiso hecho con elementos prefabricados de losa de entrepiso convencionales.

La configuración de ensayo para probar los elementos del entrepiso de la segunda variante es muy similar a la de la primera variante. De modo que la configuración de ensayo esquemática mostrada en la FIG. 33 es apropiada para describir las pruebas de la segunda variante.

Para hacer una comparación válida con los sistemas del estado de la técnica, el experimento se realizó en los entrepisos mostrados en la FIG. 53 (elementos de entrepiso convencionales)

y en la FIG. 54 (segunda variante de elementos de entrepiso). Observe cómo en la FIG. 54 los elementos de entrepiso 2 tienen ranuras laterales 26, mientras que los elementos de entrepiso convencionales de la fig. 53 tienen caras laterales lisas, muy mal adaptadas (o totalmente incapaces) para transferir fuerzas de cortante paralelas a la dirección longitudinal.

- 5 La FIG. 55 muestra un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de entrepiso 2 con ranuras laterales 26, sometido a una carga intensa.

La FIG. 56 Muestra la gráfica Carga-Giro, de los dos entrepisos estructurales ensayados, correspondiente a un primer ciclo de carga. F3 corresponde al entrepiso convencional y F4 corresponde al entrepiso estructural con elementos de entrepiso 2 con ranuras laterales 26.

- 10 Según de este gráfico, a primera vista, los dos entrepisos parecen tener un rendimiento muy similar. Sin embargo, después se aprecia claramente que el entrepiso F4 funciona mucho mejor que el F3. Se señala que el confinamiento transversal daría incluso mejores resultados. La FIG. 57 muestra el gráfico Momento Negativo – Carga. Los momentos negativos de esta gráfica se han calculado a partir de las reacciones en las celdas de carga colocadas debajo
- 15 del elemento de soporte lineal donde se apoyan todos los elementos del entrepiso. A partir de este gráfico se aprecia un comportamiento muy diferente de las dos entrepisos estructurales. F3, el entrepiso estructural convencional, se comporta muy mal, en comparación con F4, que incluye elementos de entrepiso 2 con ranuras laterales 26. Para el entrepiso F4, el momento negativo resistido aumenta casi linealmente a medida que aumenta la carga. Para una carga
- 20 de 200 kN, el momento negativo es 111 kN-m; mientras que para la misma carga, el momento negativo es de 21 kN-m para el entrepiso F3 (que es menos de 5 veces el momento negativo resistido por F4). Esta gran diferencia pone en evidencia que los entrepisos convencionales son casi incapaces de resistir momentos negativos y funcionan casi como entrepisos simplemente apoyados, incluso cuando incluyen un refuerzo negativo considerable.

- 25 El gráfico de la FIG. 57 también explica por qué el comportamiento de los dos entrepisos parece tan similar, al leer la gráfica Carga-Giro (FIG. 56). En la Fig. 57, se ve que cuando la carga sobre el F4 supera los 200 kN, el momento negativo aumenta muy lentamente, y cuando la carga supera los 278 kN, el momento negativo se reduce abruptamente a 81 kN-m. Estos dos comportamientos, pero sobre todo la disminución de momentos negativos más allá de la
- 30 carga de 278 kN, indica un comportamiento inadecuado del entrepiso: el refuerzo negativo deja de funcionar correctamente. Este comportamiento inadecuado se debe a un cierto deslizamiento de la armadura negativa AK dentro del concreto del nervio o llave de cortante junta lateral SK. Este deslizamiento se debe a una pérdida de adherencia por una fisura longitudinal a lo largo de la armadura AK, provocada por la falta de confinamiento lateral de
- 35 los elementos del entrepiso. Cabe señalar que la falla de adherencia ocurrió para una carga muy cercana a la carga de plastificación del refuerzo negativo (que se estima que debería ocurrir para una carga de 280 kN-m); lo que significa que incluso sin confinamiento lateral, el

entrepiso estructural F4 estaba a punto de funcionar correctamente y de alcanzar su pico de momento negativo.

Este mal funcionamiento del espécimen probado F4 lo condujo a un comportamiento, al final del ensayo, similar a un entrepiso simplemente apoyado, y por lo tanto similar a los entrepisos convencionales. Esto explica por qué en la FIG. 56 ambos entrepisos alcanzan cargas máximas similares.

La FIG. 58 muestra cómo en la losa de entrepiso F3, entrepiso convencional, aparecen fisuras longitudinales CR a lo largo de la unión de contacto de los elementos de entrepiso prefabricado y el nervio colado in situ. Estas grietas aparecen ya para cargas muy bajas durante la prueba. Además, en la figura, que se toma cuando el entrepiso está bajo una carga de 100 kN aproximadamente, se aprecia una fisura transversal TCR que corta la nervadura colada in situ. Esta última grieta coinciden exactamente con el punto donde termina la barra para momentos negativos (indicado con una línea L sobre el elemento del entrepiso). Este tipo de fisura transversal, combinada con las fisuras en la dirección longitudinal, muestran claramente que el nervio colado in situ (con el refuerzo negativo embebido en él) se ha desprendido de los elementos prefabricados de entrepiso y se ha deslizado. Estas grietas, y su pérdida asociada de resistencia a momentos negativos del entrepiso estructural, son totalmente coherentes con la gráfica Momento Negativo - Carga de F3 (FIG.57), donde más allá de la carga de 100 kN el entrepiso es casi incapaz de soportar momentos negativos adicionales.

La FIG. 59 muestra cómo los elementos estructurales del entrepiso, que no están confinados lateralmente, se mueven lateralmente durante la prueba. Este movimiento lateral se nota por el hecho de que la banda elastomérica EB se levanta localmente.

La FIG. 60 muestra daños severos en elementos de entrepiso y nervaduras coladas in situ, en la prueba con elementos de entrepiso convencionales. Las grietas diagonales en las losas son paralelas a las fuerzas máximas de compresión (bielas) debido a un cierto (pequeño) momento negativo de resistencia del entrepiso.

La FIG. 61 muestra las nervaduras SK coladas in situ elevadas en comparación con los elementos del entrepiso. Este comportamiento se produce debido a dos fenómenos relacionados. En primer lugar, la deflexión (deformación: flecha) diferencial de los elementos del entrepiso (que se comportan como elementos simplemente apoyados) y el nervio colado in situ (que se comporta como un voladizo) y, en segundo lugar, la falta de refuerzo a cortante adecuado para permitir que el nervio colado in situ resista el fuerte cortante vertical debido a esta deflexión diferencial.

La figura 62 muestra el estado catastrófico en el que terminó el entrepiso estructural F3, después de terminar abruptamente el ensayo, debido a una rotura frágil del elemento de entrepiso debida al cortante vertical. La imagen muestra también importantes fisuras verticales

por cortante en la nervadura. Esta falla es una prueba de lo inseguro que es reforzar y cargar un entrepiso estructural convencional como si fuera capaz de soportar momentos negativos. Se ha realizado otra serie de ensayos para evaluar la importancia de colocar armaduras de cortante en entrepisos incluyendo elementos de entrepiso 2 con ranuras laterales 26. La FIG. 63 muestra la configuración de ensayo para evaluar la resistencia a cortante de las llaves de cortante coladas in situ. Para facilitar la prueba, el entrepiso estructural se ha dado la vuelta completamente, de modo que las cargas ejercidas hacia abajo por los gatos hidráulicos HJ en el entrepiso simulan la reacción hacia arriba ejercida por el elemento de soporte lineal que soporta dos vanos laterales de un entrepiso estructural. Así, se invierten los elementos prefabricados de entrepiso 2 (situando la armadura pretensada en la cara superior), y en la cara inferior se coloca la armadura AK de la llave de cortante de la junta lateral SK colada in situ, resistiendo así momentos que provocan tracciones en la cara inferior.

La FIG. 64 muestra un espécimen que se deflecta (deforma) bajo una carga de ensayo intensa aplicada con la configuración de ensayo representada en la FIG. 63.

La disposición experimental de la FIG. 63 y la FIG. 64 comprende:

- Los actuadores, que son gatos hidráulicos HJ que aplican cargas verticales en los dos extremos de la viga de unión central, con una disposición que simula, con razonable precisión, el diagrama de momentos inversos sobre un apoyo lineal que soporta dos vanos simétricos bajo una carga superficial uniforme;

- SG1, SG2... son galgas extensométricas para medir las elongaciones (alargamientos) en los elementos de entrepiso, en la llave de cortante de la junta lateral y en la viga central (que simula el elemento de soporte lineal);

- LVDT-1, LVDT-2 son extensómetros sobre los soportes, para medir la deflexión vertical de la muestra

La FIG. 65 muestra las gráficas de carga-deflexión de 4 pruebas realizadas con la disposición descrita en la FIG. 63 y la FIG. 64. Todas las probetas eran idénticas en todos los detalles, pero dos de ellas (F1 y F3) no incluían refuerzo de cortante vertical VK embebido en la llave de cortante de la junta lateral SK colada in situ. Ninguno de los especímenes llevó a ceder al refuerzo AK de la llave de cortante de la junta lateral. Se colocó una cantidad muy alta de refuerzo AK para lograr este resultado, y así encontrar otros modos de falla. Las dos probetas que incluían refuerzo de cortante F2, F4, alcanzaron una carga máxima de 105 kN. Esto es un 21% más que la carga máxima alcanzada por F1 (86 kN) y F3 (88 kN), que no incluían el refuerzo de cortante VK. Estos resultados y el fallo frágil por cortante del entrepiso mostrado en la FIG. 62 ponen en evidencia la importancia de colocar armadura de cortante VK en llaves de cortante SK en este tipo de entrepisos.

Descripción de instalaciones destinadas a la fabricación de los elementos de entrepiso inventivos

5 *Encofrado móvil para prefabricados de concreto seco*

Como se muestra en las figuras 41 a 48, la invención también se refiere a las instalaciones IM1, IM2, IM3 para la fabricación de elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 2, 3 según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 utilizando concreto seco, que comprende:

- 10 - Un encofrado móvil según una dirección longitudinal X;
- El encofrado comprende un cerramiento frontal 11, dos moldes de cerramiento laterales I2, I3 y un molde de cerramiento superior I4;
- Un cerramiento inferior del encofrado que está definido por el lecho de colada F;
- Una tolva I5 que tiene su salida inferior I6 colocada entre el cerramiento frontal 11 y el
- 15 cerramiento superior I4;
- Una sección interior de molde I7 que se extiende longitudinalmente más allá del extremo del molde superior I4 y de los moldes laterales I2, I3.

Para la formación de las ranuras, laterales o superiores, la instalación comprende al menos una molde rotatorio I8, I9, I10 colocada después del encofrado I2, I3, I4 en la dirección

20 longitudinal X, allí donde se extiende el molde I7, el molde rotatorio I8, I9, I10 que tiene dientes superficiales continuos I8T, I9T, I10T que tienen la dirección axial del molde I8, I9, I10, siendo el eje Γ 8, Γ 9, Γ 10 de la matriz I8, I9, I10 perpendicular a la dirección longitudinal X, de modo que las ranuras 15, 26, 36 se pueden formar en las caras laterales I2, I3 o superiores I4, I5 de los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 2, 3.

- 25 Según una realización, representada en las FIGS. 44 a 46, la instalación comprende dos moldes rotatorios I8, I9 de eje vertical y dispuestos después de cada molde de cerramiento lateral I2, I3, de manera que permitan formar ranuras verticales continuas en los elementos prefabricados de losa de entrepiso 2.

- Según otra realización, mostrada en las FIGS. 41 a 43, la instalación comprende un molde
- 30 rotatorio I10 de eje horizontal y dispuesto a continuación del cerramiento superior I4, de manera que permite formar ranuras horizontales continuas en los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1.

- Una realización adicional es el resultado de combinar las dos realizaciones anteriores. Es decir, una instalación que tiene dos moldes rotatorios de eje vertical y un molde rotatorio de
- 35 eje horizontal, como se muestra en las FIGS. 47 y 48; de manera que puedan moldear ranuras verticales y/u horizontales en los elementos prefabricados de losa de entrepisos 1, 2, 3.

Una realización particular de la instalación IM3 representada en las FIGS. 47 y 48 es una que

incluye medios, tales como un embrague, para acoplar y desacoplar los moldes rotatorios 12, 13, 14. Un embrague de este tipo permite que la instalación 13 produzca de forma eficaz los elementos prefabricados 1, 2 o 3, según cuál de las matrices de laminación esté acoplada al mismo tiempo.

- 5 Una realización particular de las instalaciones IM1, IM2 e IM3 es aquella que incluye un dispositivo para contar la longitud producida de losa con ranuras.

Una realización particular de las instalaciones IM1, IM2 e IM3 es aquella que incluye el menos un dispositivo capaz de provocar vibración en al menos una de los moldes rotatorios 12, 13, 14, mientras el mencionado molde rotatorio gira alrededor de su eje. Esta vibración en rotación
10 permite una compactación más adecuada del concreto al pasar por los moldes.

Encofrado para prefabricados de concreto autocompactante

- Como se muestra en las FIGS. 66 y 67, la invención también se refiere a otra forma de producir
15 los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 2, 3 de la invención utilizando concreto autocompactante.

- La FIG. 66 muestra una instalación IM11 que comprende un encofrado alargado en una dirección longitudinal X, el encofrado comprende una parte inferior I21 y una parte superior
20 móvil I24 que tiene dientes I24T perpendiculares a la dirección longitudinal X, de manera que las ranuras 15, 26, 36 se pueden formar en las caras superiores 14, 24 de los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 2, 3.

- En este caso, la parte superior móvil I24 está formada por una pluralidad de perfiles estructurales de encofrado I24I perpendiculares a la dirección longitudinal X. La parte superior I24 mencionada es móvil para permitir el desmoldeo del elemento prefabricado una vez que
25 ha endurecido, pero típicamente permanece estacionario durante el proceso de endurecimiento del concreto.

La sección inferior L24 de los perfiles estructurales de encofrado I24I define una sección decreciente que define la sección de las ranuras 15, 26, 36, definiendo la sección superior U24 de los perfiles de encofrado I24I una sección constante.

- 30 Por tanto, para moldear los elementos de entrepiso 15, 26, 36 con concreto autocompactante, el volumen de la parte inferior del molde debe llenarse hasta el cambio de sección entre la sección inferior L24 y la sección superior U24 de los perfiles de encofrado I24I.

- El espacio G22 entre cada par de perfiles estructurales de encofrado I24I facilita el colado del concreto y evita la formación de burbujas de aire interiores, ya que el aire puede ser evacuado
35 fácilmente por los múltiples espacios.

El colado del concreto autocompactante puede realizarse una vez ensamblada la parte superior I22 con el resto de la instalación IM11, o bien puede colocarse la parte superior I22

después del colado del concreto. En este segundo caso, la parte superior I22 debe colocarse inmediatamente después del colado del concreto, mientras este todavía está líquido, de manera que los perfiles estructurales de encofrado I24I puedan desplazar adecuadamente el concreto líquido para formar las ranuras.

- 5 La parte superior I24 comprende además perfiles de unión I24B que tienen la dirección longitudinal X unidos a una superficie superior de los perfiles de encofrado I24I, de modo que los perfiles de encofrado I24I y los perfiles de unión I24B forman una rejilla movable.

La figura 67 muestra una instalación IM12 que comprende un encofrado alargado en una dirección longitudinal X, el encofrado a su vez comprende una parte inferior I21 y una parte superior movable I22 que tiene dientes I22T perpendiculares a la dirección longitudinal X, de manera que las ranuras 15, 26, 36 se pueden formar en las caras superiores 14, 24 de los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 2, 3.

En la instalación IM12, mostrada en la figura 67, la parte superior I22 tiene un perímetro inferior igual a la forma de las ranuras superiores de los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 3; y la parte superior I22 comprende al menos dos conductos que conectan el interior del encofrado con el exterior. Uno de los conductos, utilizado para inyectar concreto líquido en el encofrado, y el otro para permitir la evacuación del aire encerrado en el encofrado, a medida que es expulsado por el concreto líquido.

En este texto, el término "comprende" y sus derivaciones (como "comprenden", etc.) no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no deben interpretarse como excluyentes de la posibilidad de que lo descrito y definido puede incluir otros elementos.

A lo largo del documento una de las principales características que describe la invención es la existencia de "ranuras continuas". Sin embargo, se debe entender que en el alcance de esta invención también se incluyen los "salientes continuos". De hecho, las ranuras y los salientes son sólo dos formas de referirse a una misma cosa. Se puede entender que entre cada par de ranuras hay un saliente o viceversa. Por tanto, definir ranuras equivale a definir salientes indirectamente.

Obviamente, la invención no se limita a las realizaciones específicas descritas en este documento, sino que también abarca cualquier variación que pueda ser considerada por cualquier persona experta en la técnica dentro del alcance general de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) de forma alargada en el que se definen una dirección longitudinal (X), una dirección transversal (Y), una dirección de altura (Z), dos caras extremas (11) que delimitan el elemento (1) en la dirección longitudinal (X), dos caras laterales (12) que delimitan el elemento (1) en la dirección transversal (Y), una cara inferior (13) y una cara plana superior (14) que delimitan el elemento (1) en la dirección de la altura (Z), **caracterizado porque** comprende unas ranuras superiores transversales continuas (15) en la cara plana superior (14) y no comprende ranuras superiores longitudinales.

2. Elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) según la reivindicación 1, que comprende un saliente inferior (TL) en un borde inferior de las caras laterales (12) y un saliente superior (TS) en un borde superior de las caras laterales (12) siendo el saliente inferior (TL) más largo que el saliente superior (TS) en la dirección transversal (Y).

3. Elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) según la reivindicación 2, que comprende ranuras laterales (16, 26, 36) en las caras laterales (12).

4. Elemento prefabricado de losa de entrepiso (~~T~~1) según la reivindicación 1, en el que el elemento prefabricado de losa de entrepiso es un elemento de losa de entrepiso doble T (T1), de manera que se definen una losa plana superior (T11) y dos almas verticales (T12, T13) que se extienden hacia abajo desde la losa plana superior (T11).

5. Elemento prefabricado de losa de entrepiso (2) de forma alargada en el que se definen una dirección longitudinal (X), una dirección transversal (Y), una dirección de altura (Z), dos caras extremas (21) que delimitan el elemento (2) en la dirección longitudinal (X), dos caras laterales (22) que delimitan el elemento (2) en la dirección transversal (Y), una cara inferior (23) y una cara plana superior (24) que delimitan el elemento (2) en la dirección de la altura (Z), que comprende un saliente inferior (TL) en un borde inferior de las caras laterales (22), **caracterizado porque** comprende ranuras laterales (26) en las caras laterales (24), extendiéndose las ranuras laterales (26) hacia arriba desde el saliente inferior (TL) hasta la cara plana superior (24), y que comprende un saliente superior (TS) en un borde superior de las caras laterales (22).

6. Elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el espesor adimensional de la sección transversal del elemento de entrepiso es inferior a 0,6.

7. Estructura que comprende un elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende:

- un elemento de soporte lineal (LS) que soporta un extremo del elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) de manera que en el elemento de soporte lineal (LS) se define una superficie de apoyo (S1) y:
- un sistema resistente a momentos (MS) dispuesto en el elemento de apoyo lineal (LS) y frente a una cara extrema (11) del elemento prefabricado de losa de entrepiso (1),
- una capa superior de concreto (LC) vertida sobre el elemento (1),

caracterizada porque comprende armaduras de refuerzo (AS) dispuestas a lo largo de la dirección longitudinal (X), de manera que una parte de las armaduras de refuerzo (AS) se empotran en la capa de concreto (LC) y otra parte de las armaduras de refuerzo (AS) se extiende de manera que quedan empotradas en el sistema resistente a momentos (MS), de manera que las armaduras de refuerzo (AS), cuando actúan bajo fuerzas de tracción, pueden transmitir fuerzas a la capa de compresión de concreto (LC), y la capa de compresión de concreto (LC) puede transmitir fuerzas al elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) a través de las ranuras superiores (15) en la cara plana superior (14), y así transmitir un momento negativo desde el sistema resistente a momentos (MS) al elemento prefabricado de losa de entrepiso (1).

8. Estructura según la reivindicación 7, siendo donde el sistema resistente a momentos (MS) es una prolongación superior del elemento de soporte lineal (LS), un concreto vertido entre una prolongación superior del elemento de apoyo lineal (LS) y la cara extrema (11), un concreto vertido entre la cara extrema (11) y otro elemento prefabricado de losa de entrepiso dispuesto con su propia cara extrema frente a la cara extrema (11). de modo, o un concreto vertido sobre el elemento de soporte lineal (LS) que incluye armadura de refuerzo que se extiende desde su parte superior para formar que constituyen un sistema moldeado in situ resistente a momentos de torsión.

89. Estructura que comprende dos elementos de entrepiso prefabricados (2) de acuerdo con la reivindicación 5 o la reivindicación 6, estando dispuestos los elementos de entrepiso (2) adyacentes de manera que se delimite un volumen entre los elementos siendo el volumen relleno con concreto de tal manera que se define una llave de cortante en la junta lateral (SK), que comprende:

- un elemento de soporte lineal (LS) que soporta un extremo de los elementos de entrepiso prefabricados (2) de manera que en el elemento de soporte lineal (LS) se define una superficie de soporte (S1) y:

- un sistema resistente a momentos (MS) dispuesto en el elemento de soporte lineal (LS) y frente a una cara extrema (21) de los elementos de entrepiso prefabricados (2),

caracterizada porque comprende armaduras (AK) dispuestas a lo largo de la dirección longitudinal (X), de manera que una porción de las armaduras (AK) están empotradas en la parte superior de la llave de cortante en la junta lateral (SK) y otra parte de las armaduras de refuerzo (AK) se extiende de tal manera que están empotradas en el sistema resistente a momentos (MS), de modo que las armaduras (AK) pueden transmitir fuerzas a la llave de cortante de la junta lateral (SK), y la llave de cortante de la junta lateral (SK) puede transmitir fuerzas al elemento prefabricado de losa de entrepiso (2) a través de las ranuras laterales (26) en la cara lateral (24), y así transmitir un momento desde el sistema resistente a momentos (MS) al elemento prefabricado de losa de entrepiso (2).

910. Estructura según la reivindicación **89**, que comprende armaduras de refuerzo (VK) colocadas en la llave de cortante de la junta lateral (SK) y que se extienden desde la parte superior hasta la parte inferior de la misma, de manera que permite que el concreto la llave de cortante de la junta lateral resista mayores esfuerzos de cortante vertical.

1011. Estructura según cualquiera de las reivindicaciones **8-9** ó **910**, que comprende al menos un conducto (D) que se extiende de forma continua la llave de cortante de la junta lateral (SK) y un tendón postensado (PTT) insertado dentro del conducto.

11. Estructura según las reivindicaciones 7 y 8.

12. Instalación (IM1) para la fabricación de elementos prefabricados de losa de entrepiso (1, 2, ~~3~~) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 ~~utilizando concreto seco~~, que comprende:

- Un encofrado móvil según una dirección longitudinal (X);
- El encofrado comprende un cerramiento frontal (11), dos moldes de cerramiento laterales (12, 13) y un molde de cerramiento superior (14);
- Un cerramiento inferior del encofrado definido por el lecho de colada (F);
- Una tolva (15) que tiene su salida inferior (16) colocada entre la pared frontal (11) y la pared superior (14);
- Una sección de molde interior (17);

caracterizada porque comprende al menos un molde rotatorio (18, 19, 110) colocado después del encofrado en la dirección longitudinal (X), teniendo el molde rotatorio (18, 19, 110) dientes superficiales continuos (18T, 19T, 110T) teniendo la dirección axial del molde (18, 19, ~~110~~110), siendo el eje (Γ 8, Γ 9, Γ 10) de la matriz (18, 19, 110) perpendicular a la dirección longitudinal (X), de modo que las ranuras (15, 16, 26, 36) pueden formarse en las caras laterales (12) o

superiores (14) de los elementos prefabricados de losa de entrepiso (1, 2, 3).

5 **13.** Instalación según la reivindicación 12, que comprende dos moldes rotatorios (I8, I9) de eje vertical y dispuestos a continuación de cada molde lateral de cerramiento (I2, I3), de manera que permitan formar ranuras verticales continuas en los elementos prefabricado de losa de entrepiso (2, 3).

10 **14.** Instalación según la reivindicación 12, que comprende un molde rotatorio (I10) de eje horizontal y dispuesto a continuación del cerramiento superior (I4), de manera que permite formar ranuras horizontales continuas sobre los elementos prefabricados de losa de entrepiso (1, 3).

15 **15.** Instalación (IM1~~1~~) que comprende un encofrado alargado en dirección longitudinal (X), el encofrado comprende una parte inferior (I21), y una parte superior desmontable (I24) con dientes (I24T) perpendiculares a la dirección longitudinal (X), de manera que en las caras superiores (14, 24) de los elementos prefabricados de losa de entrepiso (1, 2, ~~3~~) se pueden formar ranuras (15, 26, 36), **caracterizada porque** la parte superior desmontable (I24) está formada por una pluralidad de perfiles de encofrado (I24I) perpendiculares a la dirección longitudinal (X), separados por espacios (G22) que permiten que el aire se escape a su través,
20 la sección inferior (L24) de los perfiles de encofrado (I24I) definiendo una sección decreciente que define la sección de las ranuras (15, 26, 36), la sección superior (U24) de los perfiles de encofrado (I24I) definiendo una sección constante, comprendiendo la parte superior (I24) además perfiles de unión (I24B) que tienen la dirección longitudinal (X) y unidos a una superficie superior de los perfiles de encofrado (I24I).

**ELEMENTO PREFABRICADO DE LOSA DE ENTREPISO, ESTRUCTURA QUE
COMPRENDE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE LOSA DE ENTREPISO E
INSTALACIÓN PARA OBTENER EL ELEMENTO PREFABRICADO DE LOSA DE
ENTREPISO**

5

RESUMEN

Elemento de piso prefabricado (1) de forma alargada donde se definen una dirección longitudinal (X), transversal (Y), una dirección de altura (Z), dos caras frontales (11) que delimitan el elemento (1) en la dirección longitudinal (X), dos caras laterales (12) en la dirección transversal (Y), una cara inferior (13) y una cara plana superior (14) que delimitan el elemento (1) en la dirección de la altura (Z), que comprende ranuras superiores continuas transversales (15) en la cara plana superior (14) o ranuras laterales (26) en las caras laterales (24), extendiéndose las ranuras laterales (26) desde la lengüeta inferior (TS) a la cara plana superior (24). La invención también se refiere a una estructura que comprende tal elemento de piso prefabricado (1) y que comprende además un elemento de soporte lineal (LS) que soporta un extremo del elemento de piso prefabricado (1) de manera que en el elemento de soporte lineal (LS) se define una superficie de soporte (S1) y se coloca un sistema resistente a momentos (MS) dispuesto sobre el elemento de soporte lineal (LS) y frente a una cara frontal (11) del elemento de piso prefabricado (1) y una capa superior de hormigón (LC) vertida sobre el elemento (1) o en llave de cortante (SK) definida entre dos elementos de piso adyacentes. La invención también se refiere a una instalación para la fabricación de elementos de suelo (1, 2).

25

**ELEMENTO PREFABRICADO DE LOSA DE ENTREPISO, ESTRUCTURA QUE
COMPRENDE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE LOSA DE ENTREPISO E
INSTALACIÓN PARA OBTENER EL ELEMENTO PREFABRICADO DE LOSA DE
ENTREPISO**

5

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un sistema constructivo mejorado para losas de entrepiso y su procedimiento de montaje. Las losas de entrepiso están realizados con elementos
10 alargados de concreto prefabricado mejorados y concreto armado colocado en obra capaz de trabajar correctamente junto con los elementos prefabricados gracias a una adecuada adherencia, siendo dichos elementos prefabricados de losa de entrepiso contruidos gracias a instalaciones industriales mejoradas.

15 **ESTADO DE LA TÉCNICA**

Se conocen en la técnica varios sistemas de losa de entrepiso basados en elementos alargados de concreto prefabricado de losa de entrepiso y concreto armado colado en la obra. En aras de la claridad, de aquí en adelante el término elemento de entrepiso alargado se
20 utilizará exclusivamente para referirse a una familia particular de elementos de losa de entrepiso: aquellos que se extienden directamente de un extremo a otro, apoyándose en ambos extremos exclusivamente sobre elementos estructurales primarios (como vigas principales, cerchas o muros). También se incluyen aquellos elementos que trabajen en voladizo siempre que los mencionados elementos de entrepiso estructural sean de una sola
25 pieza. Los elementos de entrepiso estructural mencionados suelen tener un refuerzo de acero continuo de un extremo al otro. Se excluyen de este campo todos aquellos elementos estructurales y/o moldes que forman losas de entrepiso sólo como resultado de una yuxtaposición de elementos en la dirección del vano. Este tipo de elementos que funcionan por adición, típicamente tienen su refuerzo interrumpido en la dirección del vano (y los
30 empalmes de los refuerzos de acero a menudo son necesarios), y también se necesitan puntales y/o encofrados temporales durante el proceso de montaje, ya que estos pequeños elementos estructurales son demasiado pequeños para extenderse desde un apoyo principal (pared, viga, etc.) al siguiente apoyo principal.

35 Para analizar las diferencias entre los sistemas de losas de entrepiso existentes en la actualidad, se pueden estudiar 5 características principales:

A) SECCIÓN TRANSVERSAL de los elementos prefabricados de losa de entrepiso, transversal a su sentido longitudinal;

B) PROCEDIMIENTO DE ALIGERADO EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL para hacer elementos más ligeros y eficientes;

5 C) CANTIDAD DE CONCRETO COLADO IN SITU y su posición relativa en relación a los elementos prefabricados de losa de entrepiso;

D) SISTEMA DE CONEXIÓN para mantener unido el concreto prefabricado con el concreto colado in situ;

E) Existencia de REFUERZO NEGATIVO EFECTIVO para permitir que los entrepisos
10 estructurales resistan momentos negativos sobre los apoyos lineales donde los elementos prefabricados de losa de entrepiso apoyan sus extremos.

Para cada una de las 5 características, se describen las principales soluciones, se mencionan algunos ejemplos y sus principales ventajas y / o inconvenientes.

15 A) SECCIÓN TRANSVERSAL

Se pueden definir dos tipos principales de sección transversal de los elementos. Elementos macizos y elementos aligerados o huecos.

20 Entre los elementos macizos, los más habituales son los denominados prelosas, o medias losas, entre otros nombres. Estos suelen ser elementos sólidos planos de sección rectangular destinados a formar losas sólidas fundiendo cantidades considerables de concreto in situ. Los elementos prefabricados normalmente tienen una altura de alrededor de $1/3$ o $1/2$ de la altura total de las losas de entrepiso terminadas. Entre sus principales ventajas se puede contar que
25 su prefabricación suele ser sencilla. Sin embargo, también se pueden encontrar algunos ejemplos de prelosas muy complejos: QIU ZEYOU (CN 1975058), QIU ZEYOU (CN1944889) y QU, YUAN, ZHOU, LI, WEI (CN201924490). Entre las principales desventajas de los prefabricados (o prelosas) (además de las costosas fabricaciones en algunos casos, como los ejemplos mencionados) está el hecho de que los elementos prefabricados pueden ser
30 pesados y las losas de entrepiso sólidas terminadas son muy pesadas e ineficientes en comparación con las losas de entrepiso aligeradas o huecas.

Entre los elementos prefabricados de losa de entrepiso con sección aligerada o hueca, existe una variedad considerable. Algunos de los más utilizados son las losas alveolares, las losas
35 en doble T y las prelosas (o medias losas) aligeradas. Todas las secciones transversales de estos elementos están diseñadas específicamente buscando su optimización. Esto significa un consumo mínimo de concreto (y acero), y por tanto un coste y peso mínimos, pero también

un momento de inercia máximo y una altura (o peralte) lo más pequeña posible. Las secciones transversales aligeradas siempre tienen un radio de giro mayor (i) que las secciones sólidas con la misma altura (o peralte). Esto significa una relación más alta (Momento de inercia) / (Área). Esto simplemente significa que los elementos prefabricados de sección aligerada o hueca son más eficientes que los elementos prefabricados de sección sólida.

B) PROCEDIMIENTO DE ALIGERADO EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Esta característica, obviamente, sólo es aplicable a elementos prefabricados con secciones transversales aligeradas o huecas. Hay dos estrategias principales para aligerar la sección: usar moldes o encofrados removibles / reutilizables o embeber en la sección encofrados ligeros permanentes (o perdidos).

El uso de moldes o encofrados removibles / reutilizables es típico en elementos como losas alveolares, losas doble T y secciones similares. Es una técnica económica y eficiente, ya que los moldes son reutilizables para una gran cantidad de elementos prefabricados. Sin embargo, los elementos de losa de entrepiso obtenidos con esta técnica tienen un inconveniente importante. Su pequeño tamaño nocional conduce a una rápida retracción inicial del elemento prefabricado. Esto se debe a que estos elementos tienen una sección transversal con un área pequeña en relación a su perímetro.

El embebido de encofrados ligeros permanentes (o perdidos) es una solución utilizada cuando el uso de moldes extraíbles no es posible o es demasiado complicado. Se trata de una solución utilizada en prelosas (o medias losas) aligeradas. Un ejemplo publicado recientemente es JINLONG, JUNWEI, WANYUN (CN 104032870). Estos elementos prefabricados a menudo se fabrican en dos fases principales (tres fases en algunas ocasiones). Una primera fase consiste en colar una losa maciza plana delgada. Una segunda fase consiste en colocar encofrados ligeros permanentes (o perdidos) sobre la losa prefabricada. Y un tercer paso (no siempre existe) es colar nervaduras verticales conectadas a la losa inferior. Esta forma de hacer secciones transversales aligeradas o huecas es algo cara, porque los encofrados permanentes ligeros suelen ser caros, no sólo por el coste del material (normalmente poliestireno o arcilla) sino también por el coste de manipulación durante la colocación de dichos encofrados.

C) CANTIDAD DE CONCRETO COLADO IN SITU

Podemos encontrar principalmente cuatro casos: 1) Aquellos en los que la cantidad de concreto colado en la obra es mayor o similar a la cantidad de concreto del elemento prefabricado, y el concreto se coloca típicamente en todo el elemento prefabricado; 2)

Aquellos en los que el concreto colocado in situ forma una capa relativamente delgada sobre todos los elementos prefabricados, típicamente conocida como losa de compresión; 3) Aquellos en los que la cantidad de concreto colado en obra es mínima y normalmente se coloca sólo en las juntas laterales a lo largo de los lados de los elementos prefabricados; 4)

5 Aquellos donde no se cuela en obra ningún concreto.

Aquellos entresijos estructurales donde la cantidad de concreto colado en obra es mayor o similar a la cantidad de concreto de los elementos prefabricados, son de dos tipos: prelosas (o medias losas) macizas (muy habitual) y losas alveolares donde se abre la cara superior algunos alvéolos (poco usual en la práctica actual). El uso de prelosas (o medias losas) sólidas típicamente provoca que deba resolverse una dicotomía. Cuanto más delgada es la losa sólida prefabricada más flexible es, y mayor es la cantidad (y peso) del concreto que se cuela en la obra, por lo que más intenso se vuelve el apuntalamiento requerido durante el montaje para evitar la deflexión de la delgada losa de entresijo prefabricada (mientras se cuela el concreto in situ, que aún está fresco), por lo que la construcción se vuelve más costosa y lenta. Cuanto más gruesa sea la losa prefabricada maciza, menos flexible será y menor será la cantidad de concreto puesto en obra; por lo que el apuntalamiento requerido durante el proceso de montaje es menor (o innecesario). Pero, incluso si el costo del apuntalamiento puede reducirse o suprimirse para losas prefabricadas sólidas más gruesas, la mayor cantidad de concreto prefabricado a menudo aumenta el costo de toda la estructura, ya que el concreto prefabricado es a menudo más caro por m³ que el colado in situ debido (entre otras razones) al hecho de que el concreto prefabricado es típicamente más rico en cemento y más rico en aditivos. En el caso de losas alveolares donde algunos alvéolos están abiertos en la cara superior, el momento de inercia se reduce por las aberturas superiores (y la losa alveolar se vuelve más flexible). Por lo tanto, las losas generalmente necesitan apuntalamiento in situ para soportar el peso de la considerable cantidad de concreto colado in situ.

Aquellos entresijos estructurales donde sólo se coloca una losa de compresión, pueden tener prácticamente cualquier sección transversal (placa alveolar, doble T, prelosas macizas o aligeradas de gran canto, etc.), siempre que su cara superior sea plana o casi plana. Hay una serie de ventajas en colocar sólo una capa losa de compresión sobre los elementos prefabricados. En primer lugar, los elementos prefabricados tienen casi la misma altura (o peralte) que el losa de entresijo definitiva, por lo que son muy rígidos y no deflectan fácilmente y, por lo general, necesitan muy poco o ningún apuntalamiento. En segundo lugar, la losa de compresión relativamente delgada no es demasiado pesada, por lo que no deflecta demasiado el elemento prefabricado que ya es muy rígido. Finalmente, la losa de compresión, a pesar de ser delgada, es capaz de actuar eficazmente como un diafragma horizontal que

- garantiza adecuadamente un buen comportamiento del entrepiso frente a las fuerzas sísmicas (típicamente grandes fuerzas horizontales). Cabe mencionar un inconveniente: las losas de compresión coladas in situ suelen tener una retracción considerable, debido a su reducido espesor (volumen de concreto relativamente bajo) y su gran superficie expuesta al aire. Esto, a menudo, conduce a una considerable retracción diferencial. Más allá de todo lo anterior, hay que decir que un número considerable de los elementos de entrepiso prefabricado (pero no todos) utilizados en este tipo de entrepisos estructurales están diseñados de manera que al colocar la losa de compresión en obra, una pequeña cantidad de concreto entra y llena por completo las juntas laterales entre elementos de entrepiso prefabricado. Por ejemplo, las losas alveolares se diseñan típicamente para que estas juntas laterales se llenen de concreto; mientras que las losas de doble T no tienen estas juntas laterales diseñadas para ser rellenas con concreto. La función principal del relleno de estas juntas laterales se puede comprender leyendo lo siguiente.
- Aquellos entrepisos estructurales donde sólo se cuela en obra concreto en las juntas laterales de los elementos prefabricados, pueden tener secciones macizas o huecas. Todos estos entrepisos estructurales tienen dos ventajas principales. Por un lado, la altura del elemento prefabricado es la misma que la altura del entrepiso estructural terminado, por lo que la rigidez del elemento prefabricado es muy alta y el apuntalamiento suele ser innecesario. Por otra parte, la cantidad de concreto puesto en obra es muy baja, por lo que su peso es casi despreciable y casi no provoca deflexión de los elementos del entrepiso prefabricado. La combinación de estas dos ventajas hace que este tipo de entrepisos estructurales sean los más eficientes de todos durante el proceso de construcción, ya que la deflexión provocada por el peso del concreto fresco no provoca una deflexión importante ni “consume” una parte significativa de la resistencia al momento positivo del elemento de entrepiso prefabricado. Sin embargo, estos entrepisos tienen dos importantes inconvenientes. Por un lado, el pequeño volumen de concreto colado in situ puede tener una superficie relativamente importante (la cara superior) en contacto con la atmósfera, y por tanto una retracción considerable, que es especialmente alta para elementos prefabricados de poca altura (o peralte) (Cuando el volumen del concreto es menor). La retracción transversal del concreto colado en la junta abrirá, per se, fisuras en contacto con el elemento prefabricado, pero adicionalmente, la retracción longitudinal probablemente conducirá a una retracción diferencial y favorecerá la rotura de la unión. Por otro lado, los elementos prefabricados de losa de entrepiso sin losa de compresión funcionan típicamente como vigas simplemente apoyadas (sólo resisten momentos positivos), y cuando deflectan al estar sometidas a las cargas de servicio, los extremos de los elementos prefabricados tienden a girar considerablemente en relación con los soportes lineales (muros de carga, vigas, etc) donde se apoyan. Esto generalmente causa

grietas largas y anchas paralelas a los soportes lineales que están en contacto con dichos soportes lineales y con los extremos de los elementos prefabricados de losa de entrepiso. Este tipo de imperfecciones en la estructura, que normalmente quedan ocultas por los acabados, son del todo indeseables, ya que grietas tan anchas y profundas son malas para la durabilidad de la estructura.

Más allá de lo anterior, es importante resaltar la función principal del relleno de las juntas laterales. Estas juntas laterales tienen la misión de transferir fuerzas verticales de cortante, de un elemento de entrepiso prefabricado al elemento de entrepiso prefabricado adyacente. Esto se logra gracias a la forma de las caras laterales de los elementos prefabricados de losa de entrepiso, que típicamente están diseñados para formar llaves de cortante cuando se cuela concreto en las juntas. Estas llaves para el cortante vertical se consiguen principalmente de dos formas: o la cara lateral del elemento prefabricado tiene una pestaña superior (en la dirección longitudinal) que sobresale transversalmente, o la cara lateral del elemento de entrepiso prefabricado tiene una ranura (paralela a la dirección longitudinal). Por otro lado, el relleno de concreto también ayuda a solucionar la imperfección de las juntas, ya que el concreto necesita ciertas tolerancias de prefabricado y colocación, no fácilmente compatibles con la prevención de fugas del concreto colado en la obra. Para reducir y tratar de evitar las fugas, las mencionadas juntas laterales se cierran en sus partes inferiores gracias a pestañas que sobresalen de las caras laterales de los elementos prefabricados. Típicamente, tales pestañas sobresalen más de las caras laterales del elemento prefabricado que cualquier otro saliente o elemento que sobresalga de esas caras. Esto es para garantizar el correcto cierre de la junta.

Aquellos entrepisos estructurales en los que no se coloca concreto en la obra en la parte superior o en los lados del elemento prefabricado no son muy habituales, pero hay algunos ejemplos destacados. Entre los ejemplos modernos, quizás los más importantes sean las placas doble T "*pretopped*" (= con losa de compresión precolada). Se trata de una clase de placa doble T diseñada para trabajar sin losa de compresión, que tiene una losa superior más gruesa que los elementos habituales de doble T diseñados para ser cubiertos por una losa de compresión colada en obra. En esta categoría (ningún concreto colado en obra) también se pueden mencionar algunas patentes de principios del siglo XX, ahora consideradas obsoletas e inviables. Hace varias décadas, no se prestó tanta atención a las tolerancias necesarias para la prefabricación y para el montaje, tolerancias que ahora se consideran esenciales. En ese momento, algunos inventores consideraron erróneamente que el acoplamiento perfecto entre elementos prefabricados era fácil de lograr. Este tipo de construcción de entrepiso estructural simplemente colocando elementos uno al lado del otro es rápido y fácil, pero tiene

varios inconvenientes. En primer lugar, no es posible la transferencia de fuerzas de cortante verticales, o se deben adicionar piezas metálicas insertadas para garantizar esta importante característica estructural. Por ejemplo, dientes o salientes de acero que sobresalen de las caras laterales de los elementos prefabricados (este tipo de soluciones son habituales en

5 dobles T con losa de compresión precolada). En segundo lugar, la transferencia de fuerzas horizontales (como fuerzas sísmicas) no está garantizada. Para solucionar este problema, las piezas metálicas insertadas sobresalientes antes mencionadas (u otros medios equivalentes) deben poder conectar fijamente dos elementos prefabricados adyacentes. Lograr esto requerirá algo de trabajo en la obra (soldadura, atornillado, colado de concreto en pequeñas

10 cavidades, etc.). En dicha situación, las “economías” logradas gracias a no verter una losa de compresión, se pagan en parte en otro tipo de tareas en obra y en el consumo de materiales empleados in situ. Finalmente, este tipo de entresuelos estructurales presentan el mismo problema a los extremos de los elementos prefabricados que aquellos en los que sólo se rellenan con concreto las juntas laterales: aparecen fisuras anchas y profundas paralelas a

15 los elementos lineales de apoyo.

D) SISTEMA DE CONEXIÓN

La misión principal de un sistema de conexión capaz de hacer que el concreto prefabricado y

20 el concreto colado in situ trabajen juntos es resistir fuerzas de corte paralelas a las caras del elemento prefabricado (cara superior, o caras laterales). Para lograr dicha conexión, se pueden describir cinco estrategias principales: 1) Refuerzo que atraviesa la superficie de contacto, es decir refuerzo embebido en el elemento prefabricado y que sobresale de él, destinado a quedar embebido en el concreto colado in situ; 2) Perímetro de contacto

25 laberíntico de la sección transversal entre el elemento prefabricado y el concreto colado in situ

3) Las superficies planas de contacto entre el concreto prefabricado y el concreto colado in situ se hacen lisas o rugosas; 4) Salientes de concreto lineales o aislados que sobresalen de las caras de los elementos prefabricados y estarán en contacto con el concreto colado in situ;

5) Ranuras o agujeros en las caras de los elementos prefabricados que estarán en contacto

30 con el concreto colado in situ.

Son relativamente comunes aquellos entrepisos estructurales donde el refuerzo está embebido en el elemento prefabricado y sobresale de él para que pueda quedar embebido en el concreto colado in situ. Esta estrategia es muy habitual en prelosas (o medias losas). Un

35 ejemplo puede verse en la patente JILONG, JUNWEI, WANYUN (CN104032870) y en algunas realizaciones de las patentes QIU ZEYOU (CN1975058) y QIU ZEYOU (CN1944889). De hecho también se puede encontrar en elementos prefabricados de otras secciones, como en

la patente BORI, FABRA (ES2130037). Sin embargo, esta solución - acero que sobresale - es inusual en la mayoría de elementos convencionales de entrepiso como losas alveolares o losas doble T. Esta solución, que a priori puede parecer la más sencilla, tiene tres inconvenientes principales. En primer lugar, el acero es caro en sí mismo (tanto el material como la colocación). En segundo lugar, colocar el refuerzo que sobresale del concreto prefabricado es a menudo una difícil tarea, porque el refuerzo que sobresale no puede existir en las caras en contacto con un encofrado o cerca de las partes móviles de las máquinas de colado de concreto. Finalmente, el refuerzo embebido típicamente complicará la compactación del concreto prefabricado, por lo que los elementos hechos de concreto de consistencia seca (como las losas alveolares) rara vez tienen elementos de refuerzo que sobresalen.

Aquellos entrepisos estructurales con un perímetro de contacto laberíntico de la sección transversal no son demasiado habituales, pero se han probado en una serie de edificios reales. El ejemplo más destacado son las losas alveolares donde algunos alvéolos están abiertos en la cara superior. Estas aberturas se utilizan para colocar refuerzo de momentos negativos en la obra y luego verter concreto, que normalmente llena los alvéolos abiertos.

Esta solución, que incluso se acepta en algunos códigos nacionales, es inusual en la práctica debido a cuatro desventajas principales; 1) La apertura de la parte superior de los alvéolos en losas requiere un trabajo adicional durante el proceso de prefabricado, que requiere mano de obra humana y además conduce al desperdicio del concreto removido, o requiere una inversión en maquinaria específica capaz de hacer las aberturas y recuperar el concreto removido. 2) Por lo general, las aberturas no se hacen a lo largo de toda la longitud la losa alveolar, sino típicamente a 2/3 de la longitud de cada losa, lo que complica el prefabricado y hace que sea más costoso resolver los defectos locales en la losa que se producen durante el proceso de colado del concreto (ya que mayores longitudes de elemento prefabricado debe ser rechazado y desperdiciado, en comparación con los segmentos rechazados muy cortos que necesarios cuando la sección transversal es totalmente uniforme). 3) La eliminación de una parte del ala superior de las losas (para abrir los alvéolos) reduce considerablemente el momento de inercia de la losa y la hace más flexible y menos eficiente durante el proceso de montaje, lo que a menudo conlleva la necesidad de apuntalamiento durante el montaje. 4) Aproximadamente 2/3 de la longitud de los alvéolos abiertos se rellenan con concreto colado in situ. Como resultado, la losa reduce considerablemente su ligereza y se vuelve menos eficiente. En conjunto, esta solución es de algún modo similar a las prelosas aligeradas.

Aquellos entrepisos estructurales donde las superficies de contacto básicamente planas son lisas o rugosas, tienen la ventaja de que son muy fáciles de colar (fundir). Es por eso que los entrepisos estructurales prefabricados de uso más común tienen este tipo de superficie. Sin

embargo, esto tiene un inconveniente importante: si bien a menudo existe una cierta adherencia en las primeras semanas, meses o años después de que se termina el entrepiso estructural, esta unión generalmente se rompe por completo a medida que pasa el tiempo, se produce la retracción diferencial, y la estructura se somete a la carga y descarga cíclica debida al uso normal de cualquier estructura. Esta cuestión es una de las razones por las que existe una cierta tendencia en las últimas décadas a intentar eliminar la losa de compresión en este tipo de losas de entrepiso. A medida que la conexión se rompe, la losa de compresión deja de ser parte de la sección estructural principal y su contribución a la resistencia estructural frente a los momentos flectores se vuelve despreciable. Al final, se convierte principalmente en una carga muerta sobre la estructura, con la única función de actuar como un diafragma horizontal en caso de sismo.

No son muy habituales aquellos entrepisos que poseen salientes aislados o lineales que sobresalen de las superficies de los elementos prefabricados, pero existen algunos ejemplos destacados. Por un lado existe una variedad considerable de elementos prefabricados que incluyen salientes sólo en sus caras laterales. Se considera que la mayoría de estas soluciones hacen que los entrepisos estructurales puedan resistir fuerzas sísmicas. En la actualidad, esta es una solución habitual en la práctica para los entrepisos de losas alveolares que no tienen una losa de compresión y necesitan ser resistentes a los sismos. Un ejemplo es CUYVERS (BE858167). Los salientes en la cara superior de los elementos prefabricados de entrepiso son más inusuales, pero un par de ejemplos son MING, WEIJIAN, ZHEZHE (CN102839773) y MING, WEIJIAN, YANTING, PEINAN (CN104727475). Este tipo de solución, en general, es una buena solución para transferir fuerzas cortantes, siempre que estas fuerzas no superen la resistencia a cortante del concreto en masa (sin refuerzo) en las secciones más débiles. Entre sus ventajas está el hecho de que no se necesita acero de refuerzo para garantizar la adherencia de los dos concretos (prefabricado y colado in situ), lo que hace que la fabricación de estos sistemas de conexión sea más fácil y económica. Uno de sus principales inconvenientes es que el concreto en masa falla frágilmente bajo fuerzas cortantes, y la resistencia a cortante del concreto en masa no es fácil de predecir (los resultados de la resistencia a cortante de un mismo concreto suelen mostrar distribuciones estadísticas con bastante dispersión, porque la resistencia a cortante depende de la resistencia a la tracción que depende en parte en factores aleatorios como la distribución del agregado, de la fisuración debida a la retracción o a otras fuerzas de tracción, etc.). En consecuencia, para un cierto esfuerzo cortante, una solución basada en concreto no armado debe diseñarse con un coeficiente de seguridad alto, mucho mayor que una solución basada en concreto armado. Por ejemplo, un coeficiente de seguridad de 2,0 (o incluso 2,5) para el material (o clase de Estado Límite Último) y de 1,4 para las cargas. Por lo tanto, un coeficiente

de seguridad global de 2,8 (o incluso 3,5). Ésa es una de las razones por las que no todos los tipos y formas de salientes son apropiados. En su diseño deben tenerse en cuenta algunos detalles importantes:

- i) Los salientes deben ser fáciles de prefabricar en serie, preferiblemente a máquina, y deben ser fáciles de desmoldear (el molde o encofrado debe ser fácil de quitar): los lados del saliente preferiblemente no deben formar ángulos rectos, y los bordes no deben existir en la dirección paralela a la dirección de desmoldeo. Por ejemplo, tanto MING, WEIJIAN, ZHEZHE (CN102839773) como MING, WEIJIAN, YANTING, PEINAN (CN 104727475) tienen formas inapropiadas para un fácil desmoldeo. Especialmente inapropiados son algunos de los diseños de salientes de CN 102839773.
 - ii) Los salientes deben tener una sección transversal mínima (digamos, al menos 1,5 veces el tamaño del mayor diámetro de agregado) para garantizar la compactación adecuada del concreto. Además, la sección transversal debe ser tal que no se convierta en un punto débil. Su dimensionamiento se estudiará (y ensayará) en relación con los esfuerzos cortantes que deberá soportar, teniendo en cuenta un coeficiente de seguridad especialmente elevado (como se explicó anteriormente). Por ejemplo, en la patente MING, WEIJIAN, ZHEZHE (CN102839773), los salientes parecen muy pequeños o desproporcionados en relación con la superficie plana del elemento prefabricado. Por lo tanto, bajo esfuerzos cortantes, los salientes en el elemento de entrepiso prefabricado se romperán claramente antes de que se rompa el concreto colado in situ.
 - iii) La distancia entre salientes debe ser tal que el concreto puesto en obra pueda compactarse adecuadamente y que las mínimas secciones transversales de concreto colado in situ sean suficientes para soportar los esfuerzos cortantes que actuarán, con un coeficiente de seguridad suficientemente grande. Normalmente, la distancia entre las salientes debe ser mayor que la sección transversal de los salientes, ya que el concreto colado in situ suele ser más débil, por lo que necesitará secciones transversales más grandes para lograr la misma resistencia que los salientes.
 - iv) Los salientes deben tener caras lo más perpendiculares posible a los esfuerzos cortantes que deben soportar, para resistirlos adecuadamente y evitar o minimizar las posibles fuerzas parásitas no paralelas a la fuerza cortante original, que facilitarían la rotura de la unión. Si la perpendicularidad perfecta entre la fuerza cortante y la cara del saliente es imposible y aparecen algunas fuerzas parásitas, el diseño debe ser tal que las fuerzas parásitas no rompan la conexión o alguna parte débil del elemento prefabricado o del concreto colado in situ. Un ejemplo de diseño inadecuado de salientes es la patente CUYVERS (BE858167).
- Considerando una fuerza de corte paralela a la dirección longitudinal del elemento, como las caras de los salientes no son perpendiculares a la fuerza de corte, estas caras tenderán a expulsar hacia arriba el concreto colado in situ y romper la conexión.

v) Los salientes lineales deben preferirse a los salientes aislados por cuatro razones. 1) Los salientes lineales suelen tener secciones transversales más grandes (mayor resistencia). 2) Los salientes aislados pueden ser más difíciles de desmoldear, ya que normalmente tendrán más bordes. 3) En el caso de que los elementos de entrepiso se apoyen en las vigas principales en sus extremos (lo cual es muy común), la deflexión de las vigas principales provoca un esfuerzo cortante horizontal en la dirección transversal (paralela al vano de las vigas) en la superficie de contacto del concreto prefabricado de los elementos de losa de entrepiso y del concreto colado in situ de la losa de compresión que se suma al esfuerzo cortante horizontal en la dirección longitudinal (paralela al vano de los elementos de losa de entrepiso) en el caso de que existan superficies opuestas al esfuerzo cortante causado por la deflexión de vigas. Este tipo de superficies opuestas sólo existen en el caso de salientes aislados. Como consecuencia, los salientes aislados no sólo son más vulnerables (como se deduce de 1) sino que también tienen que soportar un esfuerzo adicional, que los salientes lineales no tienen que soportar. 4) Los salientes aislados diseñados para integrarse completamente en el concreto colado in situ (especialmente en la losa de compresión) tienden a deslizarse de forma similar a las superficies lisas o rugosas. Esto se debe a la retracción diferencial y, en particular, a la retracción diferencial en la dirección paralela a la anchura del elemento prefabricado (dirección transversal). Este efecto tiende a provocar una deflexión de la losa de compresión colada in situ, que levanta dicha losa de compresión y debilita la adherencia.

vi) En general, cuanto menor es la cara de contacto entre el elemento prefabricado y el concreto colado in situ, mayor es el esfuerzo cortante. Por lo tanto, los salientes deben ser más grandes y fuertes.

Los entrepisos estructurales en los que se forman hendiduras o ranuras en las caras de los elementos prefabricados son bastante raros en la práctica convencional, pero se pueden encontrar algunos ejemplos en patentes. Por un lado se pueden encontrar casos en los que se disponen hendiduras o ranuras cortas sólo en las caras laterales de los elementos prefabricados. La intención suele ser la misma que en las soluciones con salientes: hacer que las estructuras sean capaces de soportar fuerzas sísmicas. Algunos ejemplos (no todos destinados a resistir fuerzas sísmicas) son MICHEL DE TRETAINNE (FR2924451), LEGERAI (FR2625240) y BORI, FABRA (ES2130037). Aún más raras son las soluciones con hendiduras o ranuras en la cara superior del elemento prefabricado, pero algunos ejemplos son PRENSOLAND, S.A. (ES2368048), QIU ZEYOU (CN1975058), QIU ZEYOU (CN1944889) y QU, YUAN, ZHOU, LI, WEI (CN201924490). PRENSOLAND, S.A. (ES2368048) incluye orificios en la cara superior y en las caras laterales; y los tres otros ejemplos mencionados incluyen ranuras transversales en toda la superficie del elemento, siempre interrumpidas por una nervadura central. Las ventajas e inconvenientes de esta

solución de conexión (hendiduras o ranuras) son muy similares a las de los salientes. Sin embargo, una de las principales diferencias es que hay que tener cuidado de no debilitar las caras de los elementos prefabricados donde se realizan las hendiduras o ranuras. Revisando a continuación la lista de detalles importantes que se han mencionado anteriormente a

5 tener en cuenta a la hora de diseñar salientes, revisaremos también cuáles de los ejemplos antes mencionados tienen problemas en algunos o varios de los detalles a tener en cuenta para hendiduras o ranuras:

i) Fácil de desmoldear. Las siguientes patentes incluyen elementos prefabricados de difícil desmoldeo QIU ZEYOU (CN1975058), QIU ZEYOU (CN1944889) y QU, YUAN, ZHOU, LI, WEI (CN201924490). Todas estas patentes tienen orificios que atraviesan una alma central, en QU, YUAN, ZHOU, LI, WEI (CN201924490) el orificio atraviesa incluso dos almas en algunas realizaciones. Estos orificios, combinados con la geometría compleja de los elementos prefabricados, darán con seguridad complejos procesos de desmoldeo. Además, en QIU ZEYOU (CN1975058) y QIU ZEYOU (CN1944889) algunas de las realizaciones

10 incluyen ranuras prácticamente imposibles de desmoldar sin romper el elemento prefabricado o bien deformar (o plegar) el molde de alguna manera.

ii) Mínima sección transversal y profundidad de ranuras para permitir una adecuada compactación y asegurar la debida resistencia (mediante ensayo), garantizando un coeficiente de seguridad suficientemente grande de la relación resistencia / esfuerzo. En las patentes BORI, FABRA (ES2130037) y PRENSOLAND, S.A. (ES2368048) los agujeros en las caras se ven muy superficiales en los dibujos (no se especifica profundidad). Una profundidad insuficiente (inferior al diámetro del agregado) conducirá a un fácil deslizamiento de todo el concreto colado in situ sobre la superficie de contacto. Una profundidad insuficiente de las hendiduras o ranuras es virtualmente equivalente a una superficie rugosa, donde el concreto

20 colado in situ no empuja eficazmente una superficie perpendicular al esfuerzo de corte. Ninguna de las patentes mencionadas incluye resultados de pruebas que garanticen una relación adecuada (digamos mayor que 2,5) de la resistencia no factorizada (no minorada) de la junta con el esfuerzo cortante no factorizado (no mayorado) que actúa sobre la junta. De hecho, sólo un número reducido de patentes menciona que las ranuras estén destinadas a

25 resistir una fuerza de cortante.

iii) Distancia entre ranuras o agujeros. En la patente LEGERAI (FR2625240) los orificios se ven muy cerca unos de otros para resistir esfuerzos cortantes horizontales. De hecho, en esta patente no se mencionan los esfuerzos cortantes horizontales. El diseño está más enfocado a resistir esfuerzos cortantes verticales.

iv) Caras perpendiculares al esfuerzo cortante. Las patentes BORI, FABRA (ES2130037) y LEGERAI (FR2625240) carecen de esta característica esencial. En el caso de un esfuerzo cortante horizontal, en ambos casos la forma redondeada de los orificios tenderá a expulsar

30

fácilmente el concreto colado in situ fuera del orificio, y así romper la conexión.

v) Se prefieren las ranuras continuas a los agujeros. La patente BORI, FABRA (ES2130037) y algunas de las realizaciones de la patente QIU ZEYOU (CN1975058) utilizan hendiduras en lugar de ranuras. Esto obviamente reduce la resistencia a cortante de la junta, particularmente en los dibujos en QIU ZEYOU (CN 1975058) en que el número de hendiduras es muy reducido. Además, el modo en que estas realizaciones de la patente parecen incluir orificios con refuerzo saliendo del orificio y refuerzos que pasas a través de un orificio no parece particularmente adecuada para ser moldeada y desmoldada. Además, la patente BORI, FABRA (ES2130037) y varias realizaciones de la patente QIU ZEYOU (CN1944889) son particularmente incompatibles con la retracción diferencial en la dirección transversal, y favorecen la deflexión en la dirección transversal o levantamiento de la losa de compresión colada in situ, y así la ruptura de la conexión. Además de todo eso, las patentes QIU ZEYOU (CN1975058), QIU ZEYOU (CN1944889) y QU, YUAN, ZHOU, LI, WEI (CN201924490) tienen un inconveniente en común debido al hecho de que el concreto colado in situ se divide en porciones a causa de las nervaduras (o almas) centrales que “cortan” las prelosas en dos o tres partes. Estas nervaduras longitudinales prefabricadas favorecerán fácilmente fisuras largas y anchas a lo largo de sus dos lados, en el contacto con el concreto colado in situ.

vi) Cuanto menor sea la superficie de contacto entre el elemento de losa de entrepiso prefabricado y el concreto colado in situ, mayores deberán ser las ranuras (o las hendiduras).

Un ejemplo de diseño inadecuado es el de la patente BORI, FABRA (ES2130037). El diseño descrito en esta patente podría aprovechar la gran superficie de contacto entre el concreto prefabricado y el concreto colado in situ (ya que el concreto se echa tanto para formar una losa de compresión como para rellenar las juntas laterales), pero la mayor parte de la superficie es lisa y solamente se hacen hendiduras romas y poco profundas en las caras laterales. Esto parece claramente una mejora insuficiente en la adherencia en comparación con superficies totalmente lisas. Hay que decir que BORI, FABRA (ES2130037) incluye armaduras que sobresalen de los lados, por lo que la unión se logrará principalmente gracias a la armadura, más que gracias a la forma de la superficie de contacto entre de los concretos. En las patentes MICHEL DE TRETAINNE (FR2924451) y LEGERAI (FR2625240) el tamaño de las ranuras o hendiduras es sólo mediano. La pequeña superficie de contacto de las caras laterales y tales ranuras o hendiduras parciales sólo resistirán esfuerzos de cortante reducidos y / o cargas distribuidas casi uniformemente a lo largo de toda la junta. Este último es el caso de los esfuerzos cortantes debidos a fuerzas sísmicas. Esto se razona a continuación:

vii) Cuando la sacudida sísmica es paralela a los elementos prefabricados de losa de entrepiso, estos son capaces de transmitir adecuadamente la fuerza horizontal, tomando bien las fuerzas axiales de manera uniforme gracias a los elementos de soporte longitudinales (vigas o muros) colocados transversalmente a los elementos de entrepiso. En estas

condiciones, no es necesaria una adherencia adecuada de los concretos prefabricados y los concretos colados in situ. Cuando la sacudida sísmica es transversal a la dimensión larga de los elementos prefabricados de losa de entrepiso, estos elementos tienden a tener dos comportamientos posibles: a) experimentan deflexión horizontal (una cara lateral tiende a acortarse mientras que la opuesta tiende a alargarse); o b) toda la losa de entrepiso de piezas prefabricadas paralelas tiende a comportarse bajo un régimen de bielas y tirantes, de modo que algunas de las losas tienden a estar completamente bajo tracción longitudinal y otras bajo compresión longitudinal; pero todos los elementos del entrepiso están bajo compresión transversal. En estas condiciones, la adherencia adecuada del concreto colado in situ y el concreto prefabricado es relevante para que todo el entrepiso funcione como diafragma. Sin embargo, por sorprendente que pueda parecer, ni el comportamiento descrito en a) ni el comportamiento descrito en b) provocan importantes fuerzas cortantes en las superficies de contacto. Esto se debe a dos hechos: 1) los esfuerzos cortantes son muy pequeños, ya que los elementos del entrepiso son extremadamente rígidos en la dirección horizontal, y las pequeñas deflexiones (o alargamientos) horizontales provocan tracciones pequeñas; 2) Los esfuerzos cortantes en las caras laterales suelen ser bastante uniformes y pueden distribuirse a lo largo de toda la superficie de contacto entre elementos prefabricados y concreto colado in situ. Estas pequeñas fuerzas de cortante se pueden soportar perfectamente mediante ranuras como las de MICHEL DE TRETAIGNE (FR2924451); o las pequeñas ondulaciones que muy a menudo se colocan en los laterales de las losas alveolares en la práctica común para hacerlas sismorresistentes cuando se utilizan en entrepisos estructurales donde no se cuela losa de compresión.

E) REFUERZO EFECTIVO DE MOMENTO NEGATIVO

La misión principal de un refuerzo efectivo de momento negativo es hacer que la losa de entrepiso terminada sea capaz de soportar los momentos negativos, que típicamente causan tracción en la cara superior del entrepiso estructural y compresión en la cara inferior. La mayoría de los entrepisos estructurales más habituales realizados con elementos prefabricados de losa de entrepiso y concreto armado colado in situ son entrepisos que sólo pueden resistir momentos positivos. Esto se debe a que todos los elementos prefabricados de losa de entrepiso modernos están diseñados para resistir momentos positivos, mediante la inclusión de armaduras longitudinales (que pueden ser pasivas o pretensadas). Sin embargo, lograr que estas estructuras de entrepiso resistan adecuadamente los momentos negativos es más difícil de lo que parece, por dos razones. Por un lado, el refuerzo de momento negativo (colocado cerca de la cara superior del entrepiso estructural) sólo se puede empotrar en concreto colado in situ. Por tanto, es necesaria una cierta cantidad de concreto

colado in situ. Por otro lado, la conexión adecuada entre el concreto prefabricado y el concreto colado in situ es fundamental para que el refuerzo negativo (sometido a tracción) trabaje junto con la cara inferior del elemento prefabricado de entrepiso (sometida a compresión) para resistir conjuntamente el momento negativo.

- 5 Actualmente se pueden encontrar tres situaciones principales en la tecnología existente: 1) El refuerzo negativo efectivo está embebido en el concreto colado in situ que se une o conecta adecuadamente al concreto prefabricado; 2) En el concreto colado in situ sólo se embebe refuerzo destinado exclusivamente al control de la fisuración del hormigón; 3) No se coloca ningún refuerzo.
- 10 Son habituales aquellos entrepisos estructurales donde un refuerzo efectivo de momento negativo está embebido, pero se limitan a sólo dos tipos de elementos estructurales: prelosas (o medias losas) [mucho más habituales] y losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos [inusual]. En las prelosas suele haber mucho lugar para empotrar el refuerzo negativo, y normalmente hay un armado de refuerzo embebido en el elemento prefabricado que
- 15 sobresale de su cara superior para garantizar adecuadamente la conexión con el concreto colado in situ. Las losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos tienen un espacio limitado para colocar el refuerzo negativo, por lo que debe colocarse con cuidado para garantizar un recubrimiento adecuado con concreto colado in situ. Gracias al refuerzo negativo, las prelosas (o medias losas) y losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos
- 20 son especialmente eficientes y pueden reducir su altura (o peralte) en comparación con los entrepisos sin refuerzo negativo. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las prelosas (o medias losas) convencionales suelen resultar caras debido a la necesidad de refuerzo para garantizar la conexión y debido a su sección sólida pesada e ineficaz o a sus costosos encofrados permanentes (o perdidos) empotrados (en el caso de las prelosas huecas). Las
- 25 losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos también son caras debido a su proceso de prefabricado muy específico. Por lo tanto, estos dos tipos de entrepisos estructurales son típicamente más delgados (estructuralmente más eficientes) pero no necesariamente menos costosos que los entrepisos resistentes solamente a momentos positivos hechos con elementos de entrepiso de sección hueca, como losas alveolares convencionales o losas
- 30 doble T.

Existe un número considerable de entrepisos estructurales habituales en la actualidad donde no se pretende resistir los momentos, y el refuerzo se coloca sólo para controlar el ancho de las fisuras que típicamente aparecen en el extremo de los elementos de entrepiso prefabricado, en dirección paralela a los elementos de soporte lineales -vigas o paredes-. Se

- 35 adopta esta solución (refuerzo para controlar la fisuración) en aquellos casos en los que el sistema estructural no es capaz de garantizar una adherencia (o conexión) adecuada entre los elementos prefabricados de concreto y el concreto colado in situ, pero aún hay algún lugar

para embeber el refuerzo. Este es el caso de todos los entrepisos convencionales hechos de elementos prefabricados de sección hueca, donde típicamente sólo se cuelan pequeñas cantidades de concreto in situ. Ya sea principalmente para formar una losa de compresión o sólo para rellenar las juntas laterales entre elementos prefabricados. Esto ocurre

5 prácticamente en todos los entrepisos de losas alveolares (con o sin losa de compresión), en todos los entrepisos con losas doble T con losa de compresión y en diversos de los entrepisos estructurales más comunes.

Por ejemplo, en la patente de CHAO, ZHAOXIN, GUOPENG, JIANFENG (CN203347077), el refuerzo embebido en la losa de compresión superior tiene como objetivo controlar el ancho

10 de la fisura.

Hay casos en los que no se coloca refuerzo, ya que no hay concreto colado in situ donde embeber dicho refuerzo para controlar la fisuración. Este es el caso de los entrepisos estructurales realizados con dobles T "*pretopped*" (= con losa de compresión precolada), que no tienen losa de compresión en obra.

15 A modo de resumen, hoy en día al momento de construir un entrepiso estructural realizado con elementos prefabricados de losa de entrepiso y concreto armado colado en obra, se debe elegir entre las dos siguientes soluciones:

a) O un entrepiso estructural más ineficiente (con mayor altura (o peralte)) sólo capaz de resistir momentos positivos; pero relativamente barato y rápido de montar (normalmente no

20 necesita apuntalamiento). En este caso, se pueden incluir losas alveolares (con o sin losa de compresión), losas doble T (con o sin losa de compresión) y otros entrepisos de sección hueca similares.

b) O un entrepiso estructural más eficiente (con menor altura (o peralte)) gracias a su capacidad para resistir tanto momentos positivos como momentos negativos; pero apenas

25 más barato que el primero y, a menudo, más lento de montar (normalmente necesita apuntalamiento). Este caso incluye todas las prelosas (también llamadas medias losas) y losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos. Aquellas prelosas que son sólidas (macizas) pero delgadas siempre necesitan apuntalamiento, ya que no son lo suficientemente rígidas para soportar el peso del concreto fresco colado in situ. Aquellas prelosas que son

30 sólidas (macizas) pero gruesas son caras, ya que el concreto prefabricado típicamente suele ser más rico en cemento y aditivos. Aquellas prelosas que tienen la sección aligerada son típicamente costosas debido a los costosos encofrados permanentes (o perdidos) embebidos y también a menudo necesitan apuntalamiento in situ. Todas las prelosas más comunes incluyen refuerzos sobresalientes, lo que las hace caras. Algunas patentes chinas recientes

35 para prefabricados (como las mencionadas anteriormente) no incluyen refuerzos tan costosos, pero incluyen geometrías de hormigón complejas, que pueden no ser demasiado baratas de prefabricar, ya que pueden ser necesarios encofrados especiales o procedimientos de

desmoldeo complejos. Las losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos generalmente necesitarán apuntalamiento in situ y son costosas de prefabricar debido a su geometría específica.

Así, hoy en día hay que elegir entre: o una solución fácil de construir pero menos eficiente estructuralmente (losas alveolares, losas en doble T, etc.); o una solución costosa en mano de obra y más lenta de construir pero estructuralmente más eficiente (prelosas, losas alveolares con alvéolos superiormente abiertos)

DESCRIPCION DE LA INVENCION

10

Para superar los inconvenientes mencionados de las soluciones existentes, la presente invención propone un elemento prefabricado de losa de entrepiso de forma alargada en el que se definen una dirección longitudinal, una dirección transversal, una dirección de altura, dos caras extremas que delimitan el elemento en la dirección longitudinal, dos caras laterales que delimitan el elemento en la dirección transversal, una cara inferior y una cara plana superior que delimitan el elemento en la dirección de la altura, comprendiendo la cara plana superior unas ranuras superiores transversales continuas.

15

Este elemento de entrepiso prefabricado está destinado a apoyarse en sus extremos sobre dos respectivos elementos de soporte lineales, como paredes o vigas dispuestas en sentido transversal. En particular, este elemento permite, mediante la disposición de una armadura de refuerzo colocada sobre la cara plana superior y extendida más allá de las caras extremas y vertiendo una capa de concreto (también llamada losa de compresión [*topping*]) en la que se empotra (embebe) dicha armadura de refuerzo, transmitir fuerzas de tracción que tienen la dirección longitudinal, debidas a momentos negativos de flexión, gracias a las ranuras superiores continuas sobre el elemento de losa de entrepiso, al tiempo que permite evitar los efectos de la retracción diferencial de los dos concretos (el del elemento prefabricado de losa de entrepiso y el de la capa de concreto). Estas fuerzas de tracción en las armaduras superiores, en combinación con las fuerzas de compresión en las caras extremas del elemento de entrepiso, permiten transmitir momentos negativos a través de dichas caras extremas, siendo estos momentos alrededor de la dirección (o eje) Y.

20

25

30

En algunas realizaciones, las ranuras superiores están presentes sólo en dos partes extremas, cada una de las cuales cubre 1/3 de la longitud de toda la cara superior, de manera que la parte central está desprovista de ranuras. De esta manera, las ranuras están sólo en los lugares donde son útiles, dejando el elemento de entrepiso sin cambios (y sin debilitar) en la parte central.

35

En algunas realizaciones, el elemento de entrepiso prefabricado tiene un saliente inferior en un borde inferior de las caras laterales. El objetivo de este saliente inferior es evitar que el concreto colado in situ se filtre entre dos elementos del entrepiso, en el momento en que se forma un nervio colado in situ entre los elementos prefabricados de entrepiso se colocan uno al lado del otro, siendo dicho nervio colado in situ paralelo a la dirección longitudinal.

En algunas realizaciones, el elemento de entrepiso prefabricado comprende un saliente superior en un borde superior de las caras laterales, siendo el saliente inferior más largo que el saliente superior en la dirección transversal. Cuando se forma un nervio de concreto colado in situ entre cada dos elementos del entrepiso, el objetivo del saliente superior es permitir que el nervio colado in situ transfiera esfuerzos cortantes verticales. En estas realizaciones, para la transferencia adecuada de esfuerzos cortantes verticales, el saliente superior de un elemento prefabricado de losa de entre piso trabaja conjuntamente con el saliente inferior del adyacente elemento prefabricado de losa de entrepiso.

En algunas realizaciones, en lugar de un saliente superior, existe una ranura en las caras laterales, que permite que el nervio colado in situ transfiera los esfuerzos cortantes verticales.

En algunas realizaciones, el elemento prefabricado de losa de entrepiso comprende ranuras laterales verticales en las caras laterales. Al igual que las ranuras superiores, estas ranuras laterales permiten transmitir fuerzas longitudinales entre el concreto colado en la cavidad y un refuerzo embebido en la misma cavidad.

En algunas realizaciones, los elementos prefabricados de losa de entrepiso tienen una sección transversal aligerada o hueca, como la de una losa alveolar.

En algunas realizaciones, el elemento de entrepiso prefabricado es un elemento de entrepiso en doble T, de manera que se define una losa plana superior y dos nervios verticales que se extienden hacia abajo desde la losa plana superior.

El hecho de que las losas en doble T estén provistas de ranuras transversales continuas superiores tiene dos ventajas principales, al igual que en otros elementos de entrepiso ligero (de bajo espesor adimensional). Por un lado, las ranuras transversales en la cara superior permiten la posibilidad de transferir fuerzas en la dirección longitudinal de la losa prefabricada a la armadura por medio del concreto de la losa de compresión. Esto permite, en última instancia, que la losa de entrepiso realizada con losas prefabricadas se empotre (= sea

resistente a momentos negativos) en uno o ambos extremos. Por otro lado, el hecho de que las ranuras sean capaces de prevenir los efectos de retracción diferencial; que es particularmente alta en elementos prefabricados con un espesor adimensional reducido (inferior a 0,6). Los efectos de la retracción en la dirección longitudinal se bloquean gracias a

5 ranuras de la profundidad adecuada y con caras perpendiculares a los esfuerzos cortantes longitudinales; de modo que la retracción diferencial en esta dirección simplemente se sumará a otras fuerzas de flexión, actuando como un momento positivo o negativo, dependiendo del empotramiento de la losa de compresión en sus extremos. La retracción diferencial transversal no tiene efecto sobre las losas, gracias a que las ranuras son continuas, por lo que no hay

10 canto o cara paralela a la dirección longitudinal. Dichos bordes y caras, paralelas a la dirección longitudinal, tienden a evitar una retracción transversal adecuada de la losa de compresión colada in situ, lo que lleva a una ligera deflexión hacia arriba de la losa de compresión, lo que conduce a la separación de la losa de compresión de la losa prefabricada de entrepiso. Tal comportamiento (la separación de la losa de compresión de la losa prefabricada) es

15 incompatible con la transmisión de fuerzas longitudinales, esencial para esta invención. Por eso, las ranuras superiores deben ser continuas y no debe haber ni bordes ni caras paralelas a la dirección longitudinal que corten las ranuras superiores.

Las dos ventajas mencionadas anteriormente son comunes a las losas en doble T y otras

20 losas aligeradas, como las losas alveolares; sin embargo existe una ventaja adicional para las losas en doble T (y losas en U invertida -similar a las losas en T en cuanto a sección transversal-): -Hacer las losas de entrepiso resistentes a momentos negativos provoca una reducción considerable de la altura (o peralte) del elemento prefabricado (-30%). Las losas en doble T y las losas en U invertida suelen ser elementos de gran altura (o peralte) [40 cm a 80

25 cm], y esta reducción de altura (o peralte) es muy útil, ya que permite utilizar este tipo de elementos prefabricados en una gama más amplia de edificaciones, donde las alturas de los entrepisos deben ser menores. Actualmente, debido a su considerable altura, las losas de doble T se utilizan principalmente en edificios de aparcamiento, almacenes y pabellones deportivos. Sin embargo, una reducción de un -30% en sus cantos típicos aumentaría

30 considerablemente la aplicabilidad de este tipo de losas estructurales.

La invención también se refiere a un elemento prefabricado de losa de entrepiso que tiene una forma alargada en la que se definen una dirección longitudinal, una dirección transversal, una dirección de altura, dos caras extremas que delimitan el elemento en la dirección

35 longitudinal, dos caras laterales que delimitan el elemento en la dirección transversal, una cara inferior y una cara plana superior que delimitan el elemento en el sentido de la altura, con un saliente inferior en un borde inferior de las caras laterales, comprendiendo ranuras

verticales en las caras laterales, extendiéndose las ranuras laterales desde el saliente inferior a la cara plana superior.

Este elemento prefabricado de entrepiso está destinado a ser dispuesto lado por lado con otro elemento prefabricado de entrepiso, a lo largo de la dirección longitudinal, y luego ambos apoyados en sus extremos sobre dos elementos de soporte lineales, como paredes o vigas dispuestas en la dirección transversal. En particular, estos elementos permiten - mediante la disposición de armadura de refuerzo extendiéndose más allá de las caras extremas, y situada en la parte superior de la llave de cortante formada al colar concreto entre cada pareja de elementos prefabricados en el volumen delimitado por las caras laterales y los salientes - transmitir fuerzas de tracción en sentido longitudinal gracias a las ranuras laterales. Estas fuerzas de tracción en la armadura, en combinación con las fuerzas de compresión que actúan sobre la parte inferior de las caras extremas del elemento prefabricado de losa de entrepiso, permiten transmitir momentos flectores negativos, siendo estos momentos alrededor del eje Y.

En una realización preferida, las ranuras verticales en las caras laterales están presentes sólo en las dos partes extremas del elemento prefabricado de losa de entrepiso, cubriendo cada parte extrema 1/3 de la longitud total de la cara lateral, de manera que la parte central está desprovista de ranuras. De esta manera, las ranuras están sólo en los lugares donde son útiles, dejando el elemento de entrepiso sin cambios (y sin debilitar) en la parte central.

En algunas realizaciones, las ranuras laterales tienen una profundidad y un ancho mínimos de 1 vez y 1, 5 veces, respectivamente, el diámetro del agregado más grande del concreto colado in situ.

En algunas realizaciones, las ranuras superiores tienen una profundidad y un ancho mínimos de 1 vez y 1, 5 veces, respectivamente, el diámetro del agregado más grande del concreto colado in situ.

Estas dimensiones mínimas tienen como objetivo evitar eficazmente el deslizamiento del concreto colado en obra desde su lugar sobre el elemento prefabricado. Esto se consigue, por un lado, al asegurar el correcto relleno de las ranuras por el concreto colado; y por otro lado, al asegurar que los esfuerzos cortantes actúan sobre el agregado que entra a las ranuras, y no sólo sobre el cemento que envuelve el agregado; evitando así que el agregado se desprenda del cemento. El diámetro típico del agregado más grande del concreto colado in situ varía de 10 mm a 20 mm, pero con mayor frecuencia es de 20 mm. De conformidad, la

profundidad y el ancho de las ranuras deben ser al menos de 20 mm y 30 mm, respectivamente.

En algunas realizaciones preferidas, el espesor adimensional de la sección transversal del elemento de entrepiso es inferior a 0,6.

El espesor adimensional se obtiene dividiendo lo que se conoce como tamaño nocional (o espesor ficticio) por el espesor real (o altura (o peralte) del elemento de entrepiso). El tamaño nocional ["notional size"] es un parámetro definido en el Eurocódigo EC-2 en el apartado dedicado a la retracción de elementos de concreto. El tamaño nocional (h_0) es igual al doble del factor de forma (A_c/u) de la sección transversal. Es decir, el tamaño nocional es igual a $2 \times A_c/u$, donde " A_c " es el área de la sección transversal y " u " es el perímetro de la sección transversal del concreto en contacto con la atmósfera. Para elementos con orificios interiores, como las losas alveolares, este perímetro incluye también el perímetro de los huecos interiores.

Entonces, el espesor adimensional (h') se definiría como $h' = h_0 / h$, donde h es el espesor real y h_0 es el tamaño nocional.

La siguiente tabla incluye varios casos estudiados. La primera columna corresponde al nombre y al ancho del elemento de entrepiso prefabricado. La segunda corresponde al espesor o altura (h). La tercera corresponde al espesor adimensional (h'). Y la cuarta es para el tamaño nocional (h_0). En los casos analizados, al inicio hay dos grupos de losas macizas, las de ancho de 1, 2 m y las de ancho de 0,6 m. Obsérvese que en todos los casos h' es igual o superior a 0,6. Obsérvese también que el caso con el espesor adimensional h' más pequeño apenas puede considerarse una losa maciza, ya que su sección transversal de 40 cm x 60 cm es más bien el de una columna o viga que la de un elemento de entrepiso como una losa.

A continuación se estudian dos tipos de losas alveolares, según el tipo de alvéolos interiores. Por último, se estudian tres ejemplos de losas en doble T norte-americanas. Todos estos elementos prefabricados de losa de entrepiso son elementos ligeros, todos tomados de productos comerciales reales. Obsérvese que todos tienen un espesor adimensional claramente inferior a 0,6 (cuanto menor es la h' , más ligero es el elemento). En estos elementos ligeros, la influencia de modificar el ancho del elemento es despreciable, por lo que no se muestran en la tabla los diferentes anchos.

Elemento de entrepiso prefabricado	Espesor = Altura (cm) (h)	Espesor adimensional ($h' = h_0/h$)	Tamaño nocional (cm) ($h_0 = 2 \cdot A_d/u$)
Losa maciza (1,2 m de anchura)	10	0,92	9,23
Losa maciza (1,2 m de anchura)	40	0,75	30,00
Losa maciza (0,6 m de anchura)	10	0,86	8,57
Losa maciza (0,6 m de anchura)	40	0,60	24,00
Losa alveolar (orificios ovoides) (1,2 m de anchura)	15	0,23	3,52
Losa alveolar (orificios ovoides) (1,2 m de anchura)	40	0,15	6,14
Losa alveolar (orificios circulares) (1,2 m de anchura)	10	0,41	4,14
Losa alveolar (orificios circulares) (1,2 m de anchura)	40	0,17	6,65
Losa en doble-T (2,4 m de anchura)	32,5	0,19	6,30
Losa en doble-T (2,4 m de anchura)	60	0,12	7,20
Losa en doble-T (2,4 m de anchura)	80	0,11	9,19

Los elementos aligerados (aquellos con un espesor adimensional bajo) tienen típicamente una retracción diferencial mayor entre el concreto del elemento del entrepiso y el concreto colado in situ que los elementos sólidos. Esto se debe a que un espesor adimensional menor siempre conduce a una retracción mayor. Entonces, si las ranuras descritas en la patente son buenas para resistir adecuadamente los efectos de una mayor retracción diferencial (en elementos aligerados), las mismas ranuras también resistirán una retracción diferencial menor de los elementos sólidos del entrepiso.

- 5 La retracción diferencial y su importancia en entrepisos hechos con elementos prefabricados de losa de entrepiso:

Los elementos prefabricados de losa de entrepiso generalmente se cuelan algunos días o algunas semanas antes de ser colocados en la obra. Después de su colocación en obra, se distribuye un refuerzo de acero sobre los elementos prefabricados y finalmente se cuela concreto sobre los elementos. Este concreto se puede verter sólo en las cavidades entre los elementos del entrepiso, o se puede verter sobre todos los elementos del entrepiso, formando una losa de compresión. Por tanto, el concreto colado en obra es al menos un poco más joven

que el concreto de los elementos prefabricados, y no es raro que la diferencia de edad sea de varias semanas. Los dos concretos suelen ser muy diferentes en su composición. El concreto prefabricado suele ser más rico y está diseñado para un endurecimiento muy rápido, que normalmente conduce a una retracción inicial rápida; de modo que después de una semana

5 puede haber ocurrido una parte muy significativa de la retracción total del elemento de entepiso prefabricado. La retracción temprana es mayor en elementos de sección transversal de menor espesor adimensional, como en todos los elementos prefabricados aligerados: losas alveolares, losas en doble T, losas en U invertida, etc. Cuando se cuela concreto in situ en contacto con elementos prefabricados de losa de entepiso, ya se ha producido una retracción

10 temprana considerable en los elementos prefabricados, de modo que la retracción de los elementos prefabricados se está desacelerando. Sin embargo, el concreto fresco recién colado in situ experimenta una retracción rápida, que no está sincronizada con el ritmo de retracción del prefabricado. Esto provoca lo que se conoce como retracción diferencial. Este fenómeno tiende a provocar el deslizamiento del concreto colado en obra sobre el elemento

15 prefabricado. Este deslizamiento se evita inicialmente (en caso de una pequeña retracción diferencial) por la adherencia entre los dos concretos, pero a medida que aumenta la retracción diferencial (con el paso de los meses), se debilita cada vez más la adherencia y puede romperla por completo. Este fenómeno generalmente conduce, después de algunos meses o años, a una ruptura completa o casi completa de la conexión de los elementos

20 prefabricados de losa de entepiso y el concreto colado in situ (por ejemplo, de la losa de compresión). Esto conduce a dos inconvenientes importantes: a) por un lado, el concreto colado en la obra no puede trabajar junto (conectado) con los elementos prefabricados de losa de entepiso; por lo tanto, no tiene sentido intentar poner refuerzo negativo embebido en el concreto colado in situ; b) el concreto puesto en obra termina siendo una carga muerta sobre

25 la estructura, con poca o ninguna función estructural.

Tratar de controlar los efectos de la retracción diferencial sólo haciendo esfuerzos para sincronizar las velocidades de retracción de los dos concretos mediante un control de las mezclas de concretos es extremadamente arriesgado, ya que la retracción es un fenómeno

30 que depende de una serie de factores aleatorios (temperatura; humedad; viento; compactación del concreto; etc.) que son muy difíciles de controlar en una planta de prefabricados, pero más aún en una obra.

Todos los inconvenientes provocados por la retracción diferencial se resuelven con la solución

35 aquí presentada: ranuras transversales y continuas, ya sean las que se colocan en la cara superior o en las caras laterales del elemento prefabricado de entepiso.

La invención también se refiere a una estructura que comprende un elemento de entrepiso prefabricado que tiene una forma alargada en el que se definen una dirección longitudinal, una dirección transversal, una dirección de altura, dos caras extremas que delimitan el elemento en la dirección longitudinal, dos caras laterales que delimitan el elemento en la

5 dirección transversal, una cara inferior y una cara plana superior que delimitan el elemento en la dirección de la altura, comprendiendo ranuras superiores transversales continuas en la cara plana superior, la estructura además comprende:

- un elemento de soporte lineal que soporta un extremo del elemento de entrepiso prefabricado de manera que sobre el elemento de soporte lineal se define una superficie de soporte y:

10 - un sistema resistente a momentos dispuesto sobre el elemento de soporte lineal y frente a una cara extrema del elemento de entrepiso prefabricado,

- una losa de compresión colada por encima todo el elemento prefabricado de losa de entrepiso, y armaduras dispuestas a lo largo de la dirección longitudinal, de modo que una parte de las armaduras esté embebida en la losa de compresión de concreto y otra porción

15 de las armaduras se extienda de manera que estén embebidas en el sistema resistente a momentos, de modo que las armaduras, cuando actúan bajo fuerzas de tracción, pueden transmitir fuerzas a la losa de compresión de concreto, y la losa de compresión de concreto puede transmitir fuerzas al elemento prefabricado de losa de entrepiso a través de las ranuras superiores en la cara plana superior, y así se transmite un momento negativo desde el sistema

20 resistente a momentos al elemento de entrepiso prefabricado.

Esta invención permite que los entrepisos estructurales hechos con elementos prefabricados de losa de entrepiso, armaduras (pasivas o postesadas) colocadas en obra, y una cantidad relativamente pequeña de concreto colado en obra (en la forma de una de losa de

25 compresión), se conviertan en hasta un 35% más eficientes que los entrepisos convencionales similares, digamos aquellos donde no hay refuerzo negativo, o dicho refuerzo no llega a ser efectivo para resistir momentos.

El aumento de la eficiencia se obtiene gracias al empotramiento adquirido cuando la armadura

30 a momentos negativos, debidamente anclada a un sistema resistente a momentos, funciona correctamente anclada al concreto colado in situ y el concreto colado in situ se conecta correctamente a los elementos prefabricados del entrepiso.

El anclaje adecuado del refuerzo al concreto colado in situ es fácil de conseguir siempre que

35 el concreto envuelva correctamente el refuerzo. La conexión adecuada del concreto colado in situ con el concreto prefabricado generalmente se rompe por los efectos de la retracción diferencial cuando las caras de contacto son planas y lisas y no incluyen refuerzo

sobresaliente, pero con esta invención, estos inconvenientes se evitan y se mantiene la conexión adecuada.

5 El aumento de eficiencia obtenido gracias al correcto empotramiento de los extremos de un elemento de entrepiso prefabricado se puede ver en que un elemento de entrepiso prefabricado de cierta altura (o peralte) pero empotrado en dos extremos deflece mucho menor que el mismo elemento de entrepiso articulado (simplemente apoyado) en ambos extremos. Además, los elementos de entrepiso empotrados en sus extremos necesitan mucho menos refuerzo en su cara inferior que los elementos simplemente apoyados en sus extremos.

10 Los elementos prefabricados de losa de entrepiso empotrados sólo en un extremo pueden actuar como un voladizo; que es una capacidad totalmente novedosa. Un elemento de entrepiso prefabricado articulado en un extremo y libre en el otro colapsaría; por eso los elementos prefabricados de losa de entrepiso convencionales no son adecuados para voladizos.

15 Todos estos logros se alcanzan sin cambiar la forma en que se utiliza la empresa prefabricadora está acostumbrada a producir, ni la forma que utiliza el diseñador estructural para su diseño, ni la forma que utiliza el contratista (empresario constructor) para construir los edificios. Por tanto, esta innovación tiene la ventaja adicional de que debería de ser de fácil

20 aceptación por todos los oficios implicados en el diseño y la construcción de la estructura.

En algunas realizaciones, el sistema resistente a momentos incluye una extensión superior del elemento de soporte lineal, un concreto colado in situ situado entre la extensión superior del elemento de soporte lineal y la cara extrema del elemento de entrepiso prefabricado.

25 En algunas realizaciones, el sistema resistente a momentos incluye un concreto colado in situ y situado encima del elemento de soporte lineal y entre las caras extremas de dos elementos prefabricados de losa de entrepiso dispuesto frente a sus caras extremas.

30 En algunas realizaciones, la armadura tiene un diámetro comprendido entre 10 y 20 mm, y la losa de compresión tiene una altura de al menos 50 mm.

En algunas realizaciones, la cavidad definida entre los salientes y las caras laterales comprende un elemento postesado.

35 La invención se refiere además a una estructura que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso, cada elemento tiene una forma alargada en la que se definen una

- dirección longitudinal, una dirección transversal, una dirección de altura, dos caras extremas que delimitan el elemento en la dirección longitudinal, dos caras laterales que delimitan el elemento en la dirección transversal, una cara inferior y una cara plana superior que delimitan el elemento en la dirección de la altura, que incluye un saliente inferior en un borde inferior de las caras laterales, que comprende ranuras laterales verticales en las caras laterales, ranuras laterales que se extienden desde un saliente inferior a la cara plana superior, que incluye una ranura longitudinal en una cara lateral o un saliente superior en un borde superior, estando dispuestos los elementos del entrepiso adyacentes de manera que se define un volumen entre ellos, el volumen se llena con concreto de manera que se defina una llave de cortante en la junta lateral, la estructura comprendiendo además:
- un elemento de soporte lineal que soporta un extremo de los elementos prefabricados de losa de entrepiso de manera que en el elemento de soporte lineal se define una superficie de soporte y;
 - un sistema resistente a momentos dispuesto sobre el elemento de soporte lineal y frente a una cara extrema de los elementos prefabricados de losa de entrepiso,
- la estructura comprende además armaduras dispuestas a lo largo de la dirección longitudinal, de modo que una parte de las armaduras está embebida en la parte superior de la llave de cortante de la junta lateral y otra parte de las armaduras se extiende de tal manera que están embebidas en el sistema resistente a momentos, de modo que puede transmitir fuerzas a la llave de cortante de la junta lateral, y la llave de cortante de la junta lateral puede transmitir fuerzas al elemento de entrepiso prefabricado a través de las ranuras verticales laterales en la cara lateral del elemento prefabricado, y así se transmite un momento desde el sistema resistente a momentos al elemento de entrepiso prefabricado.
- Esta variante de la invención, en la que no se requiere losa de compresión, es particularmente eficaz, porque suprimir la losa de compresión reduce considerablemente el peso sobre la estructura, y en particular el peso que tiene que soportar la estructura durante la construcción, cuando el concreto colado in situ no ha endurecido y los elementos prefabricados de losa de entrepiso se comportan como elementos articulados (simplemente apoyados). Los entrepisos estructurales hechos así son más económicos, ligeros y sostenibles que cualquier entrepiso similar convencional (con los extremos no empotrados a los soportes lineales).

En algunas realizaciones, la armadura tiene un diámetro comprendido entre 16 mm y 25 mm.

- En algunas realizaciones, la estructura comprende armaduras colocadas en la llave de cortante de la junta lateral que se extienden desde la parte superior a la parte inferior de la misma junta, de modo que permite que llave de cortante en la junta lateral de concreto resista

esfuerzos cortantes verticales más intensos.

Cuando los elementos prefabricados de losa de entrepiso no tienen una losa de compresión superior, se coloca un refuerzo negativo a los lados de cada elemento de entrepiso, en las cavidades relativamente estrechas rellenas de concreto entre los elementos de entrepiso, lo que forma una nervadura resistente a momentos negativos. Como consecuencia, la mayor parte de la carga superficial aplicada sobre todo el entrepiso estructural se aplica directamente sobre el elemento de entrepiso prefabricado, y sólo una pequeña parte se aplica directamente sobre la nervadura (llave de cortante de la junta lateral colada in situ). Sin embargo, los elementos prefabricados de losa de entrepiso no se están empotrados (fijados) directamente en sus extremos, al no ser resistentes a momentos negativos. Esta situación tiende a hacer que los elementos del prefabricados de entrepiso (que están intensamente cargados) deflecten como un elemento simplemente apoyado, mientras que la nervadura colada in situ se deflecta mucho menos, al igual que lo hace un elemento doblemente empotrado, gracias al refuerzo de momento negativo embebido en la nervadura. Como existe una junta lateral capaz de transmitir esfuerzos cortantes verticales (ranura longitudinal o saliente) en las caras verticales del elemento de entrepiso prefabricado, se evita la deflexión diferencial entre el nervio colado in situ y los elementos prefabricados de losa de entrepiso adyacentes.

Como resultado, los elementos prefabricados de losa de entrepiso igualan su deflexión con la del nervio colado in situ. Pero esto sucede gracias a que los elementos del entrepiso “se cuelgan” de la nervadura. Esta “suspensión” significa una transferencia importante de carga desde el elemento del entrepiso a la nervadura, lo que lleva a esta nervadura a soportar importantes esfuerzos cortantes verticales. El refuerzo es necesario para que la nervadura no se rompa bajo estos importantes esfuerzos cortantes verticales. Por lo tanto, si se coloca un refuerzo negativo sólo en las nervaduras (ya que no hay losa de compresión para colocar esos refuerzos negativos colocados encima de todo el elemento de entrepiso prefabricado), también se requiere un refuerzo de cortante, para resistir la considerable transferencia de esfuerzo cortante vertical desde los elementos de entrepiso a la nervadura.

En algunas realizaciones, la estructura comprende al menos un conducto que se extiende continuamente a lo largo de la llave de cortante de la junta lateral y un tendón postesado insertado dentro del conducto.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para completar la descripción y para proporcionar una mejor comprensión de la invención, se

proporciona un conjunto de dibujos. Dichos dibujos forman parte integral de la descripción e ilustran las realizaciones de la invención, que no deben interpretarse como una restricción del alcance de la invención, sino simplemente como un ejemplo de cómo se puede llevar a cabo la invención. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

- 5 La figura 1 muestra una vista en perspectiva de la primera variante del elemento prefabricado de losa de entrepiso, con ranuras superiores.

La figura 2 muestra una sección transversal paralela a la dirección transversal de un entrepiso estructural que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso adyacentes de la primera variante, con una llave de cortante de la junta lateral formada entre ellos.

- 10 La figura 3 muestra una vista en perspectiva de la tercera variante del elemento de entrepiso prefabricado, combinación de la primera y la segunda variantes del elemento prefabricado de entrepiso, tanto con ranuras superiores como con ranuras laterales.

Las figuras 4 y 5 muestran, respectivamente, una vista en alzado y una vista en planta de la primera variante de un elemento prefabricado de losa de entrepiso.

- 15 La figura 6 muestra una vista en perspectiva de la segunda variante del elemento prefabricado de losa de entrepiso, que sólo presenta ranuras laterales.

La figura 7 muestra una sección transversal paralela a la dirección transversal de un entrepiso estructural que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso adyacentes de la segunda variante, con una llave de cortante en la junta lateral formada entre ellos.

- 20 La figura 8A muestra una vista en perspectiva de la primera variante del elemento prefabricado de losa de entrepiso bajo la forma de una losa doble T.

Las figuras 8B y 8C muestran, respectivamente, dos variantes de un elemento prefabricado de losa de entrepiso con la misma sección transversal, el elemento en el 8B incluye las ranuras transversales continuas en la cara plana superior y los elementos en 8C incluyen las ranuras

- 25 verticales en las caras laterales.

La figura 9A muestra una vista en planta de entrepiso estructural que comprende varios elementos prefabricados de losa de entrepiso en su apoyo sobre un elemento de soporte lineal.

- 30 La figura 9B es un detalle de la vista en planta de la figura 9A, que muestra un diagrama de fuerzas de bielas y tirantes.

Las figuras 10A y 11A representan dos secciones inapropiadas de una ranura.

La figura 10B muestra otra sección inapropiada de una ranura.

En la figura 11B muestra la forma y el tamaño adecuados que debe tener una ranura -situada en una cara lateral o en una cara superior- para funcionar de manera eficaz.

- 35 La Figura 12 muestra la forma y el tamaño adecuados que deben tener una ranura lateral para funcionar correctamente.

La Figura 13A muestra la posición del Eje Neutro de la sección transversal de un elemento

prefabricado de losa entrepiso, cuando la sección del elemento de entrepiso no está fisurada. La Figura 13B muestra la posición del Eje Neutro bajo esfuerzos de flexión en Estado Límite Último de una entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso. La figura 13C muestra un alzado lateral de uno de los elementos prefabricados de losa de entrepiso y la armadura, como si se hiciera un corte en el medio de la llave de cortante de la junta lateral de concreto y este concreto se hiciera transparente.

La figura 13D muestra una vista en perspectiva de un elemento prefabricado de losa de entrepiso y la armadura, con la llave de cortante de la junta lateral con el concreto hecho transparente.

La figura 14A es una sección transversal de un entrepiso estructural que incluye dos elementos prefabricados de losa de entrepiso que incluyen ranuras laterales verticales y refuerzo negativo colocado en la llave de cortante de la junta lateral de concreto. También se representan las ranuras horizontales laterales, que transfieren esfuerzos cortantes verticales.

La figura 14B muestra una sección longitudinal de un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso y acero de refuerzo negativo colocado en la junta lateral de corte de concreto. En esta figura se muestra el comportamiento que tendría el entrepiso en el caso de que los elementos prefabricados de losa de entrepiso no tuvieran pestaña superior ni ranura lateral,

La figura 14C es una sección longitudinal de un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso y refuerzo de momento negativo colocado en la llave de cortante de la junta lateral de concreto; mostrando grietas llave de cortante de la junta lateral.

La figura 15A es una sección longitudinal de un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso, refuerzo negativo, refuerzo de cortante y refuerzo de postesado, colocado en un conducto.

Las figuras 15B, 15C y 15D muestran alzados y secciones transversales de diferentes posibles refuerzos de cortante a colocar en la llave de cortante de la junta lateral de concreto, en conexión con la armadura negativa, para evitar que se rompa la llave de cortante de la junta lateral de concreto.

La figura 16A muestra una vista en perspectiva del entrepiso estructural, que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso, armadura para resistir momentos negativos y un elemento de soporte lineal sobre el cual debería estar un sistema resistente a momentos, donde se empotra la armadura.

La Figura 16B muestra un diagrama de momentos flectores de un voladizo (momentos negativos), que podría lograrse con el entrepiso estructural representado en 16A.

La Figura 16C muestra un diagrama de momentos flectores de una estructura de dos vanos, con continuidad sobre el apoyo.

La figura 17 muestra una sección vertical paralela a un elemento prefabricado de losa de entrepiso en un entrepiso estructural, que incluye también una armadura embebida en la losa de compresión colada in situ.

La figura 18 muestra un detalle de la figura 17, donde se puede apreciar cómo las fuerzas de compresión se transfieren desde el elemento prefabricado de entrepiso a la losa de compresión colado in situ cuando actúa un momento negativo, girando el elemento prefabricado de entrepiso en sentido anti-horario.

La figura 19 es similar a la figura 17, pero incluye las fuerzas.

La figura 20 es un esquema típico del comportamiento de un elemento de concreto armado, bajo un momento negativo.

La figura 21 muestra una sección vertical según una dirección longitudinal de un elemento prefabricado de losa de entrepiso en un entrepiso estructural, al nivel de la llave de cortante de la junta lateral.

La figura 22 muestra una sección vertical según una dirección transversal de un elemento prefabricado de losa de entrepiso en un entrepiso estructural.

La figura 23 muestra una sección vertical según una dirección longitudinal del entrepiso estructural, donde se muestran los extremos de los alvéolos rellenos con concreto colado in situ, así como armaduras potesadas colocadas en los respectivos conductos.

La figura 24 es una vista en planta de un entrepiso estructural que tiene cuatro elementos cuyos extremos descansan sobre el soporte lineal y que muestra una serie de soluciones para contrarrestar las fuerzas de empuje laterales hacia afuera.

La figura 25 muestra una sección vertical según una dirección transversal de un elemento prefabricado de losa de entrepiso en un entrepiso estructural, donde se representan las fuerzas principales.

La figura 26 muestra una sección vertical según una dirección transversal de un elemento de entrepiso prefabricado en un entrepiso estructural.

La figura 27A muestra una sección vertical según una dirección longitudinal de un entrepiso, en una disposición donde el sistema resistente a momentos es concreto colado entre dos elementos prefabricados de losa de entrepiso enfrentados; con refuerzo debidamente anclado a ambos elementos del entrepiso.

La figura 27B muestra una sección vertical según una dirección longitudinal de un entrepiso, en una disposición donde el sistema resistente a momentos es concreto colado entre una extensión vertical del elemento de soporte lineal y el extremo de los elementos prefabricados de losa de entrepiso; con el refuerzo debidamente anclado a ambos elementos del entrepiso.

Las figuras 28 a 30 muestran disposiciones en las que el sistema de resistencia a momentos

corresponde a una viga perimetral en el extremo del entrepiso.

Las figuras 31 y 32 muestran realizaciones del elemento de soporte lineal en combinación con elementos prefabricados de losa de entrepiso que tienen ranuras superiores y laterales.

5 La figura 33 es una vista esquemática en planta de la disposición experimental utilizada para probar el sistema estructural inventivo.

La figura 34 es un gráfico donde se muestran las curvas de carga - deflexión para un entrepiso estructural según el estado actual de la técnica (PA) y para un entrepiso estructural según el sistema inventivo (IN). (Carga se indica mediante el término LOAD – deflexión se indica mediante el término Deflection)

10 La figura 35 es una fotografía de una disposición que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso lisos y una armadura colocada sobre ellos, antes de verter la losa de compresión de concreto.

La figura 36 es una fotografía de una disposición que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso según la primera variante de la invención, que comprende ranuras
15 longitudinales continuas superiores, el elemento de soporte lineal y una armadura colocada sobre esta disposición (de elementos prefabricados y soporte lineal), antes de colar la losa de compresión de concreto.

La figura 37 es una foto de la disposición experimental utilizada para probar elementos prefabricados de losa de entrepiso lisos, es decir, elementos que no incluyen las
20 características inventivas.

La figura 38 es una fotografía de una disposición experimental utilizada para probar los elementos de entrepiso de la invención.

La figura 39 es una fotografía de una disposición experimental utilizada para probar los elementos de entrepiso de la invención, específicamente en el extremo del elemento de
25 entrepiso donde este descansa sobre el elemento de soporte lineal y donde las ranuras superiores son claramente visibles.

La figura 40 es una fotografía realizada con el elemento de entrepiso prefabricado de la invención, sometido a carga.

La figura 41 es una sección vertical según la dirección longitudinal de una instalación inventiva
30 utilizada para fabricar elementos prefabricados de losa de entrepiso según la primera variante.

La figura 42 es una sección vertical según la dirección transversal de la instalación de la figura 41.

La figura 43 muestra una vista en perspectiva del molde rotatorio utilizado para formar las ranuras superiores continuas.

35 La figura 44 es una sección vertical según la dirección longitudinal de una instalación inventiva utilizada para fabricar elementos prefabricados de losa de entrepiso según la segunda variante.

La figura 45 es una sección vertical según la dirección transversal de la instalación de la figura 44.

La figura 46 muestra una vista en perspectiva del molde rotatorio utilizado para formar las ranuras laterales continuas y los salientes superiores en los elementos prefabricados de losa de entrepiso según la segunda variante.

La figura 47 es una sección vertical según la dirección longitudinal de una instalación inventiva utilizada para fabricar elementos prefabricados de losa de entrepiso según la tercera variante.

La figura 48 es una sección vertical según la dirección transversal de la instalación de la figura 47.

- 10 La Figura 49 es la configuración experimental de ensayos de pequeñas dimensiones para cortante horizontal puro (rasante) en la interfaz entre elementos prefabricados de losa de entrepiso y la losa de compresión colada in situ.

La figura 50 es una imagen de un espécimen después de completar un ensayo de cortante como la descrito en la figura 49.

- 15 La Figura 51 es una Tabla con los resultados de una serie de ensayos a cortante como los descritos en la Figura 49.

La Figura 52 es un gráfico que resume los resultados de una serie de ensayos a cortante como los descritos en la Figura 49.

- 20 La Figura 53 es un entrepiso estructural convencional en fase de construcción, para ser ensayado. El entrepiso se completó únicamente con concreto colado en las juntas laterales y refuerzo negativo, pero no se coló ninguna losa de compresión.

La figura 54 es un entrepiso estructural en fase de construcción, en preparación para ser ensayado, incluyendo elementos de entrepiso de la segunda variante (2), con ranuras laterales (26).

- 25 La Figura 55 muestra un entrepiso estructural terminado, con elementos prefabricados de losa de entrepiso de la segunda variante (2) bajo cargas de ensayo intensas.

La Figura 56 muestra una gráfica Carga – Giro comparando el desempeño del entrepiso convencional (figura 53), denominado F3, y el desempeño del entrepiso estructural realizado con elementos prefabricados de losa entrepiso de la segunda variante (figuras 54 y 55).

- 30 La Figura 57 muestra un gráfico Momento Negativo – Carga, que compara el desempeño del entrepiso convencional (figura 53), denominado F3, y el entrepiso hecho con elementos de entrepiso de la segunda variante (figuras 54 y 55).

La Figura 58 muestra grietas, en una vista detallada del entrepiso estructural convencional anteriormente mostrado en la Figura 53.

- 35 La figura 59 muestra un detalle del apoyo de un elemento prefabricado de losa de entrepiso sobre un elemento de soporte lineal en el entrepiso estructural convencional anteriormente mostrado en la figura 53.

La Figura 60 muestra una vista detallada con importantes grietas aparecidas durante el ensayo realizado en el entrepiso estructural convencional anteriormente mostrado en la figura 53.

La Figura 61 muestra una vista detallada de los daños aparecidos durante la prueba realizada en el entrepiso estructural convencional anteriormente mostrado en la figura 53.

La Figura 62 muestra una parte colapsada del entrepiso estructural convencional previamente mostrado en la Figura 53, después de que el ensayo tuvo que ser detenida, debido al colapso.

La Figura 63 es un esquema de la disposición experimental para un ensayo de tamaño medio realizado en entrepisos estructurales que incluyen elementos de entrepiso (2) con ranuras laterales (26), para evaluar la importancia del refuerzo a cortante (VK) colocado dentro de la llave de cortante de la junta lateral colada in situ. (SK).

La Figura 64 es una imagen de un espécimen que se está ensayando con una disposición experimental como la descrita en la Figura 63.

La Figura 65 muestra una gráfica de Carga – Deflexión de los ensayos realizados en cuatro especímenes, según la disposición experimental descrita en la Figura 63.

La figura 66 muestra diferentes detalles de una instalación alternativa para colar los elementos de entrepiso inventivos.

La figura 67 muestra diferentes detalles de otra instalación alternativa para colar los elementos de entrepiso de la invención.

DESCRIPCIÓN DE UNA FORMA DE REALIZAR LA INVENCION

Descripción de la primera variante de la invención

Como se muestra, por ejemplo en la FIG. 1, se ve un elemento prefabricado de losa de entrepiso según una primera variante. Este elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 tiene generalmente una forma alargada de tal manera que se definen una dirección longitudinal X, una dirección transversal Y y una dirección de altura Z.

A lo largo de la siguiente descripción, estas direcciones siempre se utilizarán con el mismo significado.

Por “alargado” se entiende que la longitud (dimensión en la dirección X) será generalmente más larga que la dimensión en la dirección transversal, es decir el ancho, que a su vez será más largo que la altura (dimensión en la dirección Z). La altura también puede denominarse peralte o profundidad y, en el contexto del estudio de la retracción, también espesor.

También se definen dos caras extremas 11 que delimitan el elemento 1 en la dirección longitudinal X, dos caras laterales 12 que delimitan el elemento 1 en la dirección transversal Y, una cara inferior 13 y una cara plana superior 14 que delimitan el elemento 1 en la dirección

de la altura Z.

Las figuras 4 y 5 muestran, respectivamente, una vista en alzado y una vista en planta de una realización particular de la primera variante 1 del elemento prefabricado de losa de entrepiso, que comprende ranuras transversales continuas 15 en la cara plana superior, pero donde las ranuras sólo están presentes en dos porciones de los extremos, cada una de las cuales cubre 1/3 de la longitud total, de modo que la porción central está desprovista de ranuras. De esta manera, las ranuras están sólo en los lugares donde son útiles, dejando el elemento de entrepiso sin cambios y sin debilitar en la parte central. Tener ranuras sólo en las dos porciones de los extremos del elemento suele ser suficiente en la mayoría de losas, como en los extremos de losas prefabricadas donde se coloca el refuerzo negativo, y es allí donde es más intenso el cortante horizontal en las caras de contacto entre el concreto prefabricado y el concreto colado en obra.

Una realización de esta primera variante en la que toda la cara 14 está cubierta con ranuras 15 es ventajosa, no por razones estructurales, sino por razones de producción. Hace que la producción en serie sea más eficiente ya que permite una fácil eliminación de los segmentos cortos de losa defectuosa que ocasionalmente aparecen durante el proceso de colada en el lecho de colada. La variante con ranuras sólo en los extremos puede exigir la eliminación de partes más grandes de la losa prefabricada sobre el lecho de colada.

El elemento de entrepiso prefabricado 1 también comprende un saliente superior TS en un borde superior de las caras laterales 12, siendo el saliente inferior TL más largo que el saliente superior TS en la dirección transversal Y.

Este elemento es ventajoso cuando se usa en una estructura como se muestra en las Figs. 16A, 17, 18, 19, 20 y 27 A hasta 32. El rendimiento óptimo de la estructura se explicará a continuación con referencia a las Figs. 36, 38, 39 y 40.

La figura 16A muestra una vista en perspectiva del entrepiso estructural, que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso 1 según la primera variante, con ranuras continuas superiores 15, una armadura AS para resistir momentos negativos y un elemento de soporte lineal LS encima del cual un sistema resistente a momentos MS debe ser colocado. La armadura AS está embebida en una losa de compresión de concreto, que no se muestra en este dibujo. Dentro de la losa de compresión, la armadura AS normalmente se colocará lo más alto posible, siempre que se respeten los criterios de recubrimiento adecuados.

La figura 2 muestra una sección paralela a la dirección transversal Y de un entrepiso estructural que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso 1 según la primera variante, que a su vez comprenden ranuras transversales continuas 15 en la cara plana superior 14, y que muestran los elementos principales del entrepiso estructural.

Esta disposición da lugar a los momentos representados en las siguientes Figs. 16B y 16C. Específicamente, la figura 16B muestra un diagrama de momentos flectores de un voladizo

(con momentos negativos), que podría lograrse con el entrepiso estructural representado en 16A. Dicho en otras palabras, el extremo no mostrado en 16A de los elementos prefabricados 1 puede estar o bien apoyado sobre otro elemento de soporte lineal o bien no apoyado (en voladizo).

- 5 La Figura 16C muestra un diagrama de momentos flectores de una estructura de dos vanos, con continuidad sobre el apoyo central y uniones articuladas (simplemente apoyadas) sobre los otros dos apoyos. Este diagrama de momentos lo podría resistir adecuadamente un entrepiso estructural como el que se muestra en 16A (si los elementos prefabricados de losa de entrepiso se colocaran simétricamente en el otro lado del elemento de soporte lineal LS).
- 10 En particular, la Figura 16C muestra claramente que el momento negativo se eleva en la zona de soporte lineal, lo que a su vez disminuye el momento positivo en la mitad del tramo, permitiendo que el sistema soporte más cargas.

La figura 17 muestra una sección de un elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 colocado en un entrepiso estructural, que incluye también una armadura AS embebida en losa de compresión LC colada in situ. El elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 se apoya en la superficie S1 del elemento de soporte lineal LS.

15

La figura 19 es similar a la figura 17, pero incluye las tensiones ["stresses"]. La parte inferior del elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 comprime el relleno de concreto CF, mientras que la parte superior del elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 actúa sobre la losa de compresión LC arrastrándola, gracias al efecto de las ranuras 15, y provocando tracción en la armadura AS, representada por las flechas orientadas a la izquierda.

20

La figura 18 muestra un detalle de la figura 17, donde se puede observar cómo se transfieren las fuerzas de compresión desde el elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 en la losa de compresión LC colado in situ cuando actúa un momento negativo. La figura 20 es un esquema típico del comportamiento de un elemento de concreto armado, bajo un momento negativo.

25

En las figuras 27A a 32 se representan diversas variantes convencionales de un sistema resistente a momentos MS en las que la armadura AS está empotrada para garantizar el correcto empotramiento de los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 3 en su apoyo.

30 La Figura 27A muestra dos elementos de entrepiso 1 apoyados en un elemento de soporte lineal LS tal que un muro. Cada uno de los elementos de entrepiso 1, en combinación con la losa de compresión LC y el relleno de concreto colocado entre ambos elementos de entrepiso, actúa como un sistema resistente a momentos MS del elemento prefabricado 1 opuesto. Así, el empotramiento se consigue por el hecho de que la armadura AS está embebida en la losa de compresión LC a ambos lados del eje del elemento de soporte lineal LS.

35

La figura 27B es similar a la 27A, pero en este caso el elemento de soporte lineal LS que es una viga prefabricada, con un alma central que sobresale. Para que el sistema resistente a

momentos funcione correctamente, el espacio entre el alma de la viga LS y los extremos de los elementos del entrepiso 1 debe rellenarse con concreto colado in situ.

La figura 28 muestra un elemento prefabricado de losa de entrepiso 1 soportado por un elemento de soporte lineal LS tal que un muro. El sistema resistente a momentos MS es una viga perimetral de concreto armado colado in situ, que incluye estribos. La armadura AS está embebida en el sistema resistente a momentos MS para lograr un empotramiento adecuado del elemento prefabricado de losa de entrepiso 1.

La figura 29 es similar a la 28. La principal diferencia es que el muro LS incluye un murete lateral, lo que permite el colado de la viga perimetral MS sin necesidad de encofrado lateral.

La figura 30 es similar a la 28, pero el elemento de soporte lineal LS aquí es una viga prefabricada con un alma central saliente. La viga, junto con el concreto que se cuela in situ alrededor del alma de la viga prefabricada forman el sistema resistente a momentos MS, en el que se empotra la armadura AS para conseguir el empotramiento del elemento prefabricado de losa de entrepiso 1.

La figura 32 es muy similar a la 27A, pero en la figura 32 los elementos de entrepiso 3 son de la tercera variante.

La figura 31 muestra un elemento de entrepiso 3 soportado sobre una ménsula de un elemento de soporte lineal LS que incluye la armadura AS sobresaliente para ser empotrado en la losa de compresión LC. El sistema resistente a momentos MS está formado por el elemento de soporte lineal LS y el concreto colado in situ situado entre el elemento de soporte lineal LS y la cara extrema del elemento de entrepiso 3. Las variantes mostradas en las figuras 8A y 8B, también provistas de ranuras en la superficie superior, son otras realizaciones del elemento de entrepiso estructural que pueden funcionar como se ha mostrado hasta ahora.

La figura 8A muestra una vista en perspectiva de la primera variante del elemento prefabricado de losa de entrepiso bajo la forma de una losa doble T, T1, que comprende ranuras superiores transversales continuas en la losa plana superior T11. Hay dos almas verticales paralelas T12, T13 unidas a la losa plana superior T11 o ala, de manera que se obtiene la sección doble T.

La figura 8B muestra otra variante que comprende las ranuras transversales continuas 15 en la cara plana superior 14, aquí referida como losa en U invertida.

La armadura tiene un diámetro comprendido entre 10 y 20 mm, y la losa de compresión LC tiene una altura de al menos 50 mm.

Descripción de la segunda variante de la invención

La figura 6 muestra otra variante del elemento de elemento prefabricado de losa de entrepiso 2 que tiene una forma alargada donde se definen una dirección longitudinal X, una dirección transversal Y, una dirección de altura Z, dos caras extremas 21 que delimitan el elemento 2

en la dirección longitudinal X, dos caras laterales 22 que delimitan el elemento 2 en la dirección transversal Y, una cara inferior 23 y una cara plana superior 24 que delimitan el elemento 2 en la dirección de altura Z, con un saliente superior TS en un borde superior de las caras laterales 22, con un saliente inferior TL en un borde inferior de las caras laterales 22, y comprende ranuras laterales verticales 26 en las caras laterales 24, extendiéndose las ranuras laterales 26 desde un saliente inferior TS hasta la cara plana superior 24.

Por tanto, la diferencia con la primera variante es que las ranuras son laterales.

El elemento prefabricado de losa de entrepiso comprende un saliente inferior TL en un borde inferior de las caras laterales 22, siendo el saliente inferior TL más largo que el saliente superior TS en la dirección transversal Y.

Una realización alternativa de esta segunda variante se puede ver en la figura 14A, donde un saliente superior TS se reemplaza por una ranura longitudinal LG en las caras 22.

Como en la primera variante, y como se muestra en la FIG. 6, en una realización preferida, las ranuras laterales 26 están presentes sólo en dos partes extremas, cada una de las cuales cubre 1/3 de la longitud total, de modo que la parte central está desprovista de ranuras. De esta manera, las ranuras están sólo en los lugares donde son útiles, dejando el elemento de entrepiso sin cambios y sin debilitar en la parte central.

Como se muestra, por ejemplo, en las Figs. 7, 9A, 14B, 21 a 26, este elemento prefabricado de losa de entrepiso 2 está destinado a ser dispuesto de lado con lado a otro elemento de entrepiso 2 en la dirección transversal Y y luego ambos apoyados en sus extremos sobre dos elementos lineales de soporte LS, como paredes o vigas dispuestas en la dirección transversal Y. En particular, estos elementos 2 permiten - mediante la disposición de una armadura AK dentro la parte superior de la junta lateral SK formada por colado de concreto en el volumen delimitado por las caras laterales y los salientes y extendiéndose (la armadura AK) más allá de las caras extremas 21- transmitir fuerzas de tracción que tienen la dirección longitudinal X gracias a las ranuras laterales 26. Estas fuerzas de tracción en el refuerzo SK, en combinación con las fuerzas de compresión que actúan sobre la parte inferior de las caras extremas 21 permiten así transmitir momentos negativos a través de dicha cara, siendo estos momentos alrededor de un eje en la dirección Y.

La figura 7 muestra una sección paralela a la dirección transversal Y de un entrepiso estructural que comprende dos elementos prefabricados de losa de entrepiso 2, que comprenden ranuras laterales 26 en las caras laterales 22, extendiéndose las ranuras laterales 26 desde un saliente inferior TL hasta la cara superior 24, y mostrando los elementos principales del entrepiso estructural.

Descripción del mecanismo de resistencia a flexión

La figura 13C muestra un alzado (o elevación) lateral de uno de los elementos prefabricados de losa de entrepiso 2 y la armadura AK, como si se hiciera un corte en el medio de la llave de cortante de la junta lateral de concreto SK y este concreto se hiciera transparente. Junto al alzado (o elevación) se representan el esquema de deformaciones (elongaciones) y el esquema de equilibrio de la sección. Este segundo incluye tanto tensiones como fuerzas.

La figura 13D muestra una vista en perspectiva de un elemento prefabricado de losa de entrepiso 2 y la armadura AK, mientras que la llave de cortante de la junta lateral de concreto SK se hace transparente. La figura explica cómo al hallarse la armadura AK bajo tensión, arrastra la llave de cortante de la junta lateral de concreto SK, que a su vez ejerce una compresión FSK sobre el elemento prefabricado de losa de entrepiso 2. Las tensiones de compresión σ_{SK} se representan sobre el elemento de entrepiso 2. Es relevante señalar, como se puede apreciar en la Figura 13D, que la superficie lateral de la ranura es fundamental para el buen funcionamiento de esta solución, y tiene especial importancia la parte de esta superficie que se encuentra cerca de la superficie superior (24). Además, la eficacia del refuerzo AK depende directamente de su posición en altura. Por eso siempre debe colocarse lo más alto posible respetando los criterios de recubrimiento adecuados.

Cuando los elementos prefabricados de losa de entrepiso no tienen una losa de compresión, se coloca una armadura a los lados de cada elemento de entrepiso, en las cavidades CC relativamente estrechas rellenas de concreto entre los elementos de entrepiso 2, que forma una nervadura o llave de cortante SK resistente a momentos negativos. Esto significa que la mayor parte de la carga del entrepiso se aplica directamente sobre el elemento prefabricado de losa de entrepiso, y sólo una pequeña parte se aplica directamente sobre la llave de cortante de la junta lateral SK. Sin embargo, los elementos prefabricados de losa de entrepiso no están directamente empotrados, por lo que no son resistentes a momentos negativos. Esta situación tiende a hacer que los elementos prefabricados del entrepiso, más cargados, deflecten (defromen) como un elemento articulado (simplemente apoyado), mientras que la nervadura colada in situ o la llave de cortante SK deflecta (deforma) mucho menos, así que lo hace un elemento doblemente empotrado. Como existe una llave de cortante, un saliente superior TS o una ranura longitudinal LG, que transmite esfuerzos cortantes verticales en las caras verticales 22 del elemento prefabricado de losa de entrepiso, se evita la deflexión diferencial. Como resultado, los elementos prefabricados de losa de entrepiso igualan su deflexión a la de la nervadura colada in situ o llave de cortante SK. Esto sucede gracias a que los elementos del entrepiso “se cuelgan” de la nervadura o llave de cortante SK. Esta “suspensión” significa una importante transferencia de carga desde el elemento del entrepiso a la nervadura o llave de cortante de la junta lateral SK, lo que hace que esta nervadura deba resistir importantes esfuerzos cortantes.

Es necesario un refuerzo para que la nervadura no se rompa bajo estas importantes fuerzas

cortantes. Por lo tanto, si se coloca armadura sólo dentro de las nervaduras, ya que no hay losa de compresión para colocar esos refuerzos a momentos negativos, también se requiere refuerzo de cortante para resistir la considerable transferencia de esfuerzo cortante desde los elementos prefabricados de entrepiso a la nervadura o llave de cortante de la junta lateral SK.

- 5 La figura 13A muestra la posición del Eje Neutro NA de la sección transversal de un elemento de entrepiso prefabricado 2, cuando la sección del elemento no está fisurada.

La Figura 13B muestra la posición del Eje Neutral NA bajo las fuerzas de flexión en Estado Límite Último de una estructura de entrepiso que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso 2. En el caso representado, el entrepiso estructural se encuentra sometida a un momento negativo. En esta situación, sólo la parte inferior de la sección transversal (sombreada) de los elementos prefabricados de losa de entrepiso está sometida a compresión, mientras que el resto de la sección transversal está sometida a tracción. En el centro, la armadura AK está sometida a tracción.

10

Por un lado, el hecho de que el eje neutro en Estado Límite Último (ELU) esté tan bajo para momentos negativos, y por otro lado el hecho de que en la variante 2 las caras laterales 22 son las únicas superficies de contacto entre el concreto colado in situ y el concreto prefabricado capaz de transferir momentos negativos de los elementos del entrepiso 2 a la armadura, explica la importancia de que las ranuras laterales (verticales) 26 se hagan lo más grandes posible: extendiéndolas desde el saliente inferior TL hasta la cara plana superior 24.

15

20

Descripción de fuerzas oblicuas no deseadas y su solución

La figura 9A muestra una planta de entrepiso estructural que comprende varios elementos prefabricados de losa de entrepiso 2 y su apoyo sobre un elemento de soporte lineal LS, mostrando también las armaduras de momentos negativos AK colocadas dentro la llave de cortante de la junta rellena de concreto SK. Se muestran fuerzas de compresión paralelas a la dirección transversal Y, como las que ejerce una armadura postesada transversal.

25

La figura 9B es un detalle de la vista en planta de la figura 9A. En esta figura 9B se superpone un esquema de bielas y tirantes a los elementos principales de la estructura. Sobre el acero de refuerzo AK se puede ver un tirante con una fuerza de tracción creciente. Esta fuerza de tracción sobre la armadura de refuerzo AK se incrementa por las compresiones (bielas) ejercidas por los elementos prefabricados de losa de entrepiso 2, a través de las ranuras laterales y dentro de la llave de cortante de la junta lateral SK. El sistema se equilibra provocando tensiones (y fisuras -representadas como ondulaciones-) en el elemento lineal de apoyo LS. Estas compresiones diagonales son perpendiculares a las tracciones máximas que tienden a provocar fisuras en la cara plana superior 24 del elemento de entrepiso 2. Tanto las fisuras -representadas como ondulaciones- en el elemento de soporte lineal LS como las de

30

35

la cara plana superior 24 del elemento de entrepiso pueden subsanarse mediante fuerzas de compresión paralelas a la dirección transversal Y, tales como las fuerzas ejercidas por el postesado.

- La figura 24 es similar a la 9A pero muestra en el lado izquierdo losas alveolares cortados a la mitad de su altura. En esta figura se representan cuatro soluciones alternativas o complementarias para controlar el agrietamiento diagonal en la cara plana superior 24, y para evitar el desplazamiento lateral de elementos prefabricados de losa de entrepiso situados en el perímetro del entrepiso estructural. Téngase en cuenta que este tipo de falla no es relevante en los elementos interiores de los entrepisos, ya que estos elementos ya están confinados. Así, las cuatro soluciones mencionadas son: 1) Postesado en la dirección paralela al elemento de soporte lineal; 2) Postesado colocando un tendón en cada llave de cortante de junta lateral SK; 3) Vigas perimetrales (zunchos) (parte superior e inferior de la figura); 4) Ranuras o dientes que bloquean el movimiento lateral. En el caso representado en la figura 24 se muestra una solución que consiste en rellenar con concreto colado in situ una pequeña longitud de todos los alvéolos. Esto se logra hundiendo ligeramente cada tapón (T) en su alvéolo.

Descripción del mecanismo de resistencia a cortante vertical de la nervadura o llave de cortante de la junta lateral SK

- La figura 14A muestra un detalle de una estructura formada por dos elementos de entrepiso 2 con ranuras verticales laterales y ranuras horizontales laterales SG. Entre los dos elementos del entrepiso, se forma una llave de cortante SK con concreto colado in situ, que incluye armadura de refuerzo AK embebida en el mismo. Como se mencionó anteriormente, los elementos de entrepiso 2 típicamente articulados (simplemente apoyados) tienden a deflectar más que la nervadura colada in situ o llave de cortante de la junta lateral SK, intentando deformarse hacia abajo (como sugieren las grandes flechas hacia abajo en la figura 14A), pero gracias a las ranuras horizontales SG que actúan como llave de cortante para esfuerzos cortantes verticales, se evita la deflexión hacia abajo de los elementos prefabricados de losa de entrepiso y se transfiere un intenso esfuerzo cortante vertical a la nervadura colada in situ o llave de cortante de la junta lateral SK. Por tanto, los elementos prefabricados de losa de entrepiso “cuelgan” de las nervaduras SK.

La variante mostrada en la figura 8C también está provista de ranuras 26 en las caras laterales 22. Esta forma de realización y otras formas de realizaciones similares de la estructura pueden funcionar como se ha explicado de acuerdo con la segunda variante de la invención.

- La figura 14B muestra una sección longitudinal de un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso 2 y acero de refuerzo negativo AK colocado en la junta lateral de corte de concreto SK. En esta figura se muestra el comportamiento que

tendría el entrepiso en el caso de que los elementos prefabricados de losa de entrepiso 2 no tuvieran pestaña superior TS ni ranura lateral SG: el elemento de entrepiso prefabricado deflecharía (deformaría) más, como un elemento simplemente apoyado, y la llave de cortante de la junta lateral SK deflecharía (deformaría) mucho menos, como un elemento doblemente empotrado.

La figura 14C es una sección transversal longitudinal de un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso 2 y refuerzo negativo AK colocado en la cortante de la junta lateral de concreto SK. Se representan grietas, que aparecen en cortante de la junta lateral de concreto SK debido al intenso esfuerzo cortante vertical, debido al hecho de que los elementos del entrepiso 2 tienden a “colgar” de la junta lateral de cortante SK, como se ilustra en 14A.

En algún caso, como el que se muestra en las figuras 15A, 21 y 22, la estructura comprende armaduras VK colocadas en la llave de cortante de la junta lateral SK y que se extienden (las armaduras) desde la parte superior a la parte inferior de la llave de cortante, de modo que permite que la llave de cortante de la junta lateral de concreto resista típicamente altas tensiones cortantes verticales.

La figura 15A es una sección longitudinal de un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de losa de entrepiso 2, refuerzo negativo AK, refuerzo cortante VK y refuerzo postesado PTT, colocado en un conducto D. No aparecen grietas, ya que la llave de cortante de la junta lateral SK de concreto soporta adecuadamente los intensos esfuerzos de cortante verticales, gracias al adecuado acero de refuerzo.

La colocación de postesado PTT en la llave de cortante de la junta lateral SK tiene la ventaja adicional de evitar grietas en la superficie plana superior 24, como las representadas en las figuras 9B, 24 y 60, lo que aumenta mucho la rigidez de todo el entrepiso, reduciendo su deflexión (deformación vertical: flecha).

La figura 21 muestra una sección paralela a un elemento prefabricado de losa de entrepiso 2 en un entrepiso estructural, cortando el entrepiso estructural a través de la llave de cortante de junta lateral de hormigón SK. Se incluye refuerzo de cortante VK. Este entrepiso no incluye postesado PTT, ya que puede no ser necesario en los casos en que las cargas sobre el entrepiso no sean intensas.

La figura 22 muestra un entrepiso estructural en una sección transversal a los elementos prefabricados de losa de entrepiso 2 con ranuras laterales 26, que incluye una llave de cortante de junta lateral SK colada in situ y un refuerzo AK de flexión y refuerzo de corante VK embebido dentro de la junta lateral de cortante SK. En este tipo de elementos de entrepiso 2, el saliente inferior TL suele ser más grande que en los elementos de entrepiso convencionales actualmente. Este aumento en el tamaño de los salientes inferiores TL tiene como objetivo aumentar el ancho de la llave de cortante SK colada in situ, ya que es el único

lugar donde colocar el refuerzo negativo SK, el refuerzo de cortante VK y el refuerzo de postesado PTT (en caso de haberlo). Además, como es el único lugar donde se puede colocar toda la armadura, las fuerzas suelen estar muy concentradas y las barras de refuerzo tienen grandes diámetros.

- 5 No es raro utilizar 1 o 2 varillas de 20 mm o 25 mm de diámetros colocados una al lado de la otra, más un refuerzo cortante de 8 mm a 12 mm de diámetro. Por supuesto, se debe garantizar un recubrimiento adecuado de concreto alrededor de las barras de refuerzo. Como resultado, la anchura media de la llave de cortante de la junta lateral SK difícilmente será inferior a 100 mm.
- 10 La figura 23 muestra una sección paralela a un elemento prefabricado de losa de entrepiso 2 en un entrepiso estructural, cortando el entrepiso estructural a través de un alvéolo en el elemento de entrepiso 2. Un tapón T, destinado a bloquear la entrada de concreto colado in situ en la losa alveolar, se inserta intencionadamente ligeramente en el alvéolo, para permitir que el concreto colado in situ llene el extremo del alvéolo.
- 15 Las Figuras 15B, 15C y 15D muestran alzados y secciones transversales de diferentes posibles refuerzos de cortante a colocar en la llave de cortante de la junta lateral de concreto SK, en conexión con la armadura de momentos negativos AK, para evitar que la junta lateral de cortante de concreto SK se rompa debido a los intensos esfuerzos cortantes verticales, así como se muestra en la figura 62. 15B muestra estribos típicos. 15D muestra un refuerzo cortante en forma de Z. 15D muestra espárragos de cortante (*"shear studs"*).
- 20

La figura 3 muestra una vista en perspectiva de la tercera variante del elemento prefabricado de losa de entrepiso 3, combinación de la primera 1 y segunda 2 variantes del elemento de entrepiso prefabricado, que comprende ranuras superiores continuas transversales 15 y ranuras laterales 36 en las caras laterales.

25

Detalles sobre las ranuras

Las figuras 10A y 11A representan dos secciones transversales inapropiadas de una ranura. Cuando la armadura se somete a tracción, tira del concreto colado in situ (sombreado), y la forma inadecuada de la ranura tenderá a separar el concreto prefabricado (en blanco) del concreto colado in situ. 10A representa una forma redondeada de la sección transversal; y 11A una cara lateral de la ranura excesivamente inclinada (más de 10°).

- La figura 10B muestra otra sección transversal inapropiada de una ranura. Esta forma del elemento prefabricado hace prácticamente imposible una correcta compactación del concreto prefabricado. Además, es muy difícil (o imposible) de desmoldear. Si se resolvieran estas dificultades, la forma tendería a romperse fácilmente (como se muestra) cuando el refuerzo tirara del concreto colado in situ.
- 35

En la figura 11 B se muestra la forma y el tamaño adecuados que debe tener una ranura - situada en una cara lateral o en una cara superior- para funcionar de manera eficaz. La inclinación de las caras laterales de la ranura no debe desviarse más de 10° de la perpendicular a la dirección del esfuerzo cortante (típicamente paralelo a la superficie de contacto entre el elemento prefabricado y el concreto colado in situ). La profundidad d_g de la ranura no debe ser menor que 1 vez el diámetro del agregado más grande del concreto colado in situ. La anchura w_g de la ranura, medida paralela a la dirección longitudinal X, no debe ser inferior a 1,5 veces el diámetro del mayor agregado del concreto colado in situ.

La Figura 12 muestra la forma y el tamaño adecuados que deben tener una ranura lateral para funcionar correctamente. Los valores para la profundidad d_g y el ancho de la ranura w_g son los ya definidos. La dimensión vertical debe ir desde un saliente inferior TL hasta la cara superior 24.

Los tamaños mínimos mencionados anteriormente tienen como objetivo evitar eficazmente el deslizamiento del concreto colado en obra desde su posición sobre el elemento prefabricado. Esto se consigue por un lado asegurando el correcto llenado de las ranuras por parte del concreto colado en obra; y por otro lado asegurando que los esfuerzos cortantes actúen sobre el agregado y no sólo sobre la matriz de cemento que envuelve el agregado; para así evitar que el agregado del concreto colado in situ se desprenda de su matriz de cemento. El diámetro típico de los agregados más grandes varía de 10 mm a 20 mm. Por tanto, la altura y el ancho (de las ranuras) deben ser al menos de 10 mm y 15 mm, respectivamente; pero generalmente se recomiendan 20 mm y 30 mm, respectivamente, para cubrir una mayor variedad de tamaños de agregados con la misma geometría de las ranuras.

Respetando estos criterios, se garantiza un modo de fallo estructural en el que o bien el concreto colado in situ rompe a cortante o bien el concreto del elemento prefabricado rompe a cortante; pero nunca se produce una rotura en la interfaz (separando ambos concretos). Este segundo tipo de rotura no es deseable, ya que es muy difícil de predecir, porque depende de una serie de factores aleatorios (historial de humedad, historial de temperatura, insolación directa, viento, suciedad in situ, lluvia in situ) o de factores que son casi imposibles de controlar de una obra a otra (formulación de la mezcla, grado de compactación del concreto colado in situ; edad de los elementos prefabricados cuando se vierte el concreto colado in situ, etc). Estos factores tienen una influencia muy fuerte en la retracción diferencial y en la rigidez diferencial de los dos concretos. Además, la influencia de varios de estos factores en la resistencia a cortante (rasante) de la interfaz ni siquiera se describe en la mayoría de los códigos estructurales habituales, que basan principalmente sus fórmulas en principios de cohesión-adhesión de la interfaz. Por lo tanto, una predicción adecuada de la resistencia a cortante (rasante) de la interfaz es extremadamente difícil de lograr.

Por el contrario, cuando se dispone de ranuras profundas, que garantizan un modo de fallo

estructural que provoca la ruptura de uno de los dos concretos (en lugar del fallo de la interfaz) permite una muy buena predicción de la resistencia real de la unión. Esto se debe a que la resistencia al cortante del concreto (un sólo material) es muy conocida y está bien descrita en los códigos. Sólo depende de la resistencia a tracción del concreto, que a su vez depende de su resistencia a compresión. Por tanto, no entra en juego ninguno de los factores aleatorios mencionados.

El espacio entre las ranuras debe ser preferiblemente proporcional al ancho de la ranura. La relación entre la separación de las ranuras y el ancho de las ranuras debe ser similar a la relación de la resistencia a cortante (o a tracción) del concreto prefabricado con la resistencia a cortante (o a tracción) del concreto colado in situ. (Aquí se considera que la resistencia a cortante del concreto sin armadura es proporcional a la resistencia a tracción) Cuando se respete esta proporcionalidad, ambos materiales se romperán al mismo tiempo. Es decir, ni los dientes de concreto prefabricado (protuberancias situadas entre cada par o ranuras) ni los dientes de concreto colado in situ (formados al rellenar las ranuras) son claramente más débiles que su contraparte, evitando puntos débiles en la conexión que llevarían a rebajar la resistencia al cortante horizontal de la conexión.

Descripción de los resultados experimentales de la resistencia a cortante horizontal (rasante) y su relación con la retracción diferencial

Se ha realizado una serie de ensayos para evaluar la resistencia a cortante horizontal (rasante) de diferentes geometrías de la superficie de contacto (interfaz) de un elemento de entrepiso prefabricado y una losa de compresión colada sobre él. Se han realizado tres tipos de ensayos: a) Ensayos con especímenes pequeños sometidos a cortante horizontal puro (35 ensayos); b) Ensayos con especímenes de tamaño medio sometidos al cortante horizontal inducido por flexión (6 ensayos); c) Especímenes de gran tamaño sometidos al cortante horizontal inducido por flexión (2 ensayos).

Los diferentes tipos de ensayos dieron resultados coherentes. A continuación también se describen los resultados de los ensayos con especímenes pequeños, ya que son los más representativos.

Se han probado cinco tipos de superficies:

1) Superficie lisa (Figuras 51 y 52) [17 especímenes + 2 especímenes de tamaño mediano + 1 espécimen grande].

2) Superficie cepillada, con rayaduras de menos de 2 mm de profundidad (Figuras 51 y 52) [2 especímenes]

3) Superficie con hendiduras, 2 cm de profundidad (Figuras 51 y 52) [4 especímenes + 2 especímenes de tamaño mediano]

4) Superficie con ranuras transversales poco profundas, 1 cm de profundidad (Figuras 51 y 52) [2 especímenes]

5) Superficie con ranuras transversales apropiadas, 2 cm de profundidad (Figuras 51 y 52) [10 especímenes + 2 especímenes de tamaño mediano + 1 espécimen grande]

- 5 Los dos casos más estudiados son las superficies lisas (lote 1) y las superficies con ranuras transversales apropiadas (lote 5); también se ha estudiado el caso de las hendiduras (lote 3). En todos estos casos, se han ensayado distintos concretos a distintas edades. Estos diferentes concretos y edades han sido diseñados para dar lugar a diferentes contracciones diferenciales, con el fin de evaluar la influencia de este fenómeno en la resistencia a cortante horizontal (rasante).

La Figura 49 muestra el diseño del ensayo de cortante horizontal puro, en especímenes pequeñas. Los elementos prefabricados de losa de entrepiso utilizados son segmentos de losas alveolares. Las dimensiones están en mm. Dos elementos de entrepiso lisos 31 están dispuestos uno frente al otro pero separados 40 mm por un espacio G1. Se dispone una lámina horizontal 32 sobre la junta y luego se cuela una losa de compresión 33. A continuación, se aplica un peso 34 sobre la junta, para evitar el levantamiento de los elementos 31 del entrepiso. En los extremos libres de las placas, están dispuestas placas de presión verticales 35, a través de las cuales se pasa un tensor de acero 36. De esta forma las fuerzas P se pueden aplicar en el extremo derecho, es decir se aplica tracción al tensor de acero apoyándose en la placa de presión 35. Esto hace que los elementos de entrepiso se acerquen y se pueda determinar el comportamiento de la junta entre la losa de compresión 33 y el elemento de entrepiso liso 31 a nivel de la interfaz entre ambos.

La Figura 50 es una imagen de un espécimen con una superficie de contacto lisa justo después de que se ha completado el ensayo de resistencia al cortante horizontal puro. La conexión está completamente rota y la losa de compresión se ha deslizado de su lugar original.

La Figura 51 es una tabla que incluye los resultados de los ensayos a pequeña escala. Las resistencias a cortante horizontal (rasante) indicadas en la tabla son valores promedio de cada serie de pruebas. Por tanto, la serie completa de resultados incluye resistencias considerablemente por encima y por debajo de estos valores promedio.

La Figura 52 es un gráfico que muestra los rangos de resistencias al cortante (rasante) obtenidas en ensayos pequeños. La revisión de todos los resultados conduce a las siguientes conclusiones:

- i) Existe una dispersión muy notoria en los resultados.
- ii) La dispersión en los resultados se puede explicar parcialmente al realizar ensayos en las que la retracción diferencial es muy diferente. De hecho, la dispersión debida a la retracción diferencial (que no se describe aquí en detalle) pone en evidencia que la retracción diferencial

tiene una influencia notable en la modificación de la resistencia a cortante (rasante) de la junta.

iii) Si comparamos sólo los peores resultados de resistencia de cada tipo de superficie de contacto, se ve que las superficies lisas y las superficies cepilladas (estas últimas, sólo 2 muestras) tienen una resistencia al cortante despreciable, y que las superficies con hendiduras tienen una resistencia cortante mínima de 0,20 MPa; mientras que las superficies con ranuras (sin importar su profundidad) tienen en todos los casos resistencias superiores a 0,75 MPa.

iv) Si suprimimos de la serie de resultados, los del peor concreto para la losa de compresión, la resistencia mínima a cortante de las ranuras de la profundidad adecuada se eleva a 1, 00 MPa; mientras que las resistencias mínimas para superficies lisas no mejoran.

Descripción de los resultados experimentales de la primera variante

Los elementos prefabricados según la primera variante se probaron con éxito como se describe en esta sección.

La FIG. 33 es una vista en planta esquemática de la configuración del ensayo, que comprende:

- Los actuadores (ACTUADOR 1, ACTUADOR 2) son gatos hidráulicos que aplican cargas verticales en cada uno de los dos vanos, con una disposición que simula, con razonable precisión, una carga superficial uniforme;

- Las células (CELULA 1, CELULA 2, CELULA 3, CELULA 4) son células de carga que miden indirectamente la reacción vertical del elemento de soporte lineal colocado en la parte central de la configuración del ensayo;

- SG1, SG2... son las galgas extensométricas para medir los alargamientos;

- Las galgas superiores SGA y SGB miden las elongaciones (alargamientos) de la superficie superior situada sobre la parte superior de los extremos de las losas prefabricadas;

Para realizar una comparación válida con los sistemas del estado del arte, se utilizaron las configuraciones del ensayo de las FIGS. 35 y 36. La configuración de la FIG. 35 es un sistema con losas alveolares lisas, es decir convencionales, donde se ha colocado un refuerzo de momentos negativos en la losa de compresión, lo cual es inusual en la práctica convencional.

Eso se ha hecho para poner en evidencia por qué el refuerzo de momentos negativos no es efectivo (y por lo tanto no se usa) en la práctica convencional. Por otro lado, la de la FIG. 36 es una configuración que incluye elementos de entrepiso (en particular losas alveolares) como las de la presente invención.

En la FIG. 37 se muestra un detalle de la estructura de la FIG. 35, mientras que un detalle de la estructura de la FIG. 36 se muestra en la FIG. 38, que muestra claramente una ranura 15 llena de concreto. La FIG. 39 permite apreciar la losa de compresión de concreto LC que llena las ranuras superiores 15 de un elemento prefabricado de losa de entrepiso 1.

La FIG. 34 muestra las gráficas comparativas carga-deformación entre el sistema de entrepiso con losas alveolares convencionales con capa (incluyendo refuerzo negativo) según se muestra en la FIG. 35 (curva PA) y un sistema de entrepiso según la presente invención (curva IN), mostrado en la FIG. 36. Aquí se ve claramente que la carga de rotura máxima en el primer caso (PA) es 295 kN, mientras que cuando se usa el sistema de la FIG. 16A (correspondiente al diagrama de momentos 16C), se obtiene un valor máximo de carga última de 480 kN. También se puede observar que en la gráfico correspondiente a una configuración según la técnica convencional (PA) la adherencia ya está rota a 240 kN y a partir de esta carga, el entrepiso se comporta simplemente como una losa alveolar; que sólo incluye refuerzo de momento positivo. Por lo tanto, no existe una conexión adecuada entre el elemento de entrepiso prefabricado y la losa de compresión, donde está embebido el refuerzo negativo. Bajo la carga de 240 kN, cuando se rompe la conexión, el esfuerzo cortante horizontal (rasante) máximo es de 0,28 N/mm² y el esfuerzo cortante horizontal promedio en la cara de contacto del concreto prefabricado y el concreto colado in situ es de 0,14 N/mm². Esto es totalmente coherente con las pruebas a pequeña escala de resistencia a cortante horizontal (rasante).

La foto de la Fig. 40 muestra un entrepiso según la invención, sometido a una carga de 483 kN por cada actuador (gato hidráulico), donde se aprecian las ranuras superiores continuas. Se ve que incluso en estas condiciones extremas la pieza prefabricada sigue en buen estado. Bajo la carga de 483 kN, cuando el entrepiso estructural alcanza el ULS bajo flexión, la conexión en la superficie de contacto está totalmente intacta. Bajo esta carga, el esfuerzo cortante horizontal máximo en la cara de contacto del concreto prefabricado y el concreto colado in situ es de 0,57 N/mm², el esfuerzo cortante horizontal promedio en la zona ranurada (1/3 final de la longitud) es de 0,38 N/mm²; y el esfuerzo cortante horizontal medio en el 1/3 central de las losas es de 0,10 N/mm². Los valores de las tensiones en la zona ranurada son entre 1,40 veces y 2,11 veces, respectivamente, menores que la resistencia mínima al cortante horizontal (0,80 N/mm²) de las juntas entre de la losa de compresión y los elementos prefabricados con ranuras como los definidos en esta invención, cuando la losa de compresión se realice con el peor concreto de los incluidos en los ensayos.

Estos valores son el coeficiente de seguridad de la conexión de la disposición estructural ensayada (FIG 33). Este coeficiente de seguridad puede llegar hasta 1,75 y 2,63, respectivamente, si adoptamos la resistencia mínima al cortante horizontal de las juntas (1,00 N/mm²) donde se utiliza el segundo peor concreto para la losa de compresión.

En la práctica más común, el esfuerzo cortante horizontal máximo de los entrepisos estará por debajo de 0,35 N/mm². Esto corresponde a tensiones medias de 0,23 N/mm² cuando las ranuras están sólo en el último 1/3 de los elementos del entrepiso, y de 0,175 N/mm² cuando las ranuras cubren el elemento del entrepiso completo. Sólo en condiciones extremadamente

severas puede el esfuerzo cortante horizontal pico subir excepcionalmente a 0,50 N/mm². En todos estos casos, los coeficientes de seguridad se resumen en la siguiente tabla.

Esfuerzo cortante horizontal <u>factorizado</u> (N/mm ²) [$\tau_d = 1.4 \cdot \tau_k$]			Coeficiente de seguridad	
			Segundo peor concreto	Peor concreto
Mayores esfuerzos en situaciones convencionales	Factored peak stress (<i>extremo de losa</i>)	0,35	2,86	2,23
	Esfuerzo promedio factorizado (<i>Solamente ranuras en un tercio extremo de la losa</i>)	0,23	4,29	3,43
	Esfuerzo promedio factorizado (<i>ranuras sobre toda la losa</i>)	0,175	5,71	4,57
Mayores esfuerzos en situaciones extremas	Esfuerzo pico factorizado (<i>extremo de losa</i>)	0,50	2,00	1,60
	Esfuerzo promedio factorizado (<i>Solamente ranuras en un tercio extremo de la losa</i>)	0,33	3,00	2,42
	Esfuerzo promedio factorizado (<i>ranuras sobre toda la losa</i>)	0,25	4,00	3,20

5

Observando los resultados en la tabla, se puede ver que la solución con ranuras es suficientemente segura en todos los casos, independientemente del tipo de concreto utilizado para la losa de compresión.

10 Descripción de los resultados experimentales de la segunda variante

Los elementos prefabricados según la segunda variante se probaron como se describe en esta sección y mostraron un rendimiento mucho mejor que un entrepiso hecho con elementos prefabricados de losa de entrepiso convencionales.

15 La configuración de ensayo para probar los elementos del entrepiso de la segunda variante es muy similar a la de la primera variante. De modo que la configuración de ensayo esquemática mostrada en la FIG. 33 es apropiada para describir las pruebas de la segunda variante.

Para hacer una comparación válida con los sistemas del estado de la técnica, el experimento se realizó en los entrepisos mostrados en la FIG. 53 (elementos de entrepiso convencionales) y en la FIG. 54 (segunda variante de elementos de entrepiso). Observe cómo en la FIG. 54 los elementos de entrepiso 2 tienen ranuras laterales 26, mientras que los elementos de entrepiso convencionales de la fig. 53 tienen caras laterales lisas, muy mal adaptadas (o totalmente incapaces) para transferir fuerzas de cortante paralelas a la dirección longitudinal.

25 La FIG. 55 muestra un entrepiso estructural que incluye elementos prefabricados de entrepiso

2 con ranuras laterales 26, sometido a una carga intensa.

La FIG. 56 Muestra la gráfica Carga-Giro, de los dos entrepisos estructurales ensayados, correspondiente a un primer ciclo de carga. F3 corresponde al entrepiso convencional y F4 corresponde al entrepiso estructural con elementos de entrepiso 2 con ranuras laterales 26.

- 5 Según de este gráfico, a primera vista, los dos entrepisos parecen tener un rendimiento muy similar. Sin embargo, después se aprecia claramente que el entrepiso F4 funciona mucho mejor que el F3. Se señala que el confinamiento transversal daría incluso mejores resultados. La FIG. 57 muestra el gráfico Momento Negativo – Carga. Los momentos negativos de esta gráfica se han calculado a partir de las reacciones en las celdas de carga colocadas debajo
- 10 del elemento de soporte lineal donde se apoyan todos los elementos del entrepiso. A partir de este gráfico se aprecia un comportamiento muy diferente de las dos entrepisos estructurales. F3, el entrepiso estructural convencional, se comporta muy mal, en comparación con F4, que incluye elementos de entrepiso 2 con ranuras laterales 26. Para el entrepiso F4, el momento negativo resistido aumenta casi linealmente a medida que aumenta la carga. Para una carga
- 15 de 200 kN, el momento negativo es 111 kN-m; mientras que para la misma carga, el momento negativo es de 21 kN-m para el entrepiso F3 (que es menos de 5 veces el momento negativo resistido por F4). Esta gran diferencia pone en evidencia que los entrepisos convencionales son casi incapaces de resistir momentos negativos y funcionan casi como entrepisos simplemente apoyados, incluso cuando incluyen un refuerzo negativo considerable.
- 20 El gráfico de la FIG. 57 también explica por qué el comportamiento de los dos entrepisos parece tan similar, al leer la gráfica Carga-Giro (FIG. 56). En la Fig. 57, se ve que cuando la carga sobre el F4 supera los 200 kN, el momento negativo aumenta muy lentamente, y cuando la carga supera los 278 kN, el momento negativo se reduce abruptamente a 81 kN-m. Estos dos comportamientos, pero sobre todo la disminución de momentos negativos más allá de la
- 25 carga de 278 kN, indica un comportamiento inadecuado del entrepiso: el refuerzo negativo deja de funcionar correctamente. Este comportamiento inadecuado se debe a un cierto deslizamiento de la armadura negativa AK dentro del concreto del nervio o llave de cortante junta lateral SK. Este deslizamiento se debe a una pérdida de adherencia por una fisura longitudinal a lo largo de la armadura AK, provocada por la falta de confinamiento lateral de
- 30 los elementos del entrepiso. Cabe señalar que la falla de adherencia ocurrió para una carga muy cercana a la carga de plastificación del refuerzo negativo (que se estima que debería ocurrir para una carga de 280 kN-m); lo que significa que incluso sin confinamiento lateral, el entrepiso estructural F4 estaba a punto de funcionar correctamente y de alcanzar su pico de momento negativo.
- 35 Este mal funcionamiento del espécimen probado F4 lo condujo a un comportamiento, al final del ensayo, similar a un entrepiso simplemente apoyado, y por lo tanto similar a los entrepisos convencionales. Esto explica por qué en la FIG. 56 ambos entrepisos alcanzan cargas

máximas similares.

La FIG. 58 muestra cómo en la losa de entrepiso F3, entrepiso convencional, aparecen fisuras longitudinales CR a lo largo de la unión de contacto de los elementos de entrepiso prefabricado y el nervio colado in situ. Estas grietas aparecen ya para cargas muy bajas durante la prueba. Además, en la figura, que se toma cuando el entrepiso está bajo una carga de 100 kN aproximadamente, se aprecia una fisura transversal TCR que corta la nervadura colada in situ. Esta última grieta coinciden exactamente con el punto donde termina la barra para momentos negativos (indicado con una línea L sobre el elemento del entrepiso). Este tipo de fisura transversal, combinada con las fisuras en la dirección longitudinal, muestran claramente que el nervio colado in situ (con el refuerzo negativo embebido en él) se ha desprendido de los elementos prefabricados de entrepiso y se ha deslizado. Estas grietas, y su pérdida asociada de resistencia a momentos negativos del entrepiso estructural, son totalmente coherentes con la gráfica Momento Negativo - Carga de F3 (FIG.57), donde más allá de la carga de 100 kN el entrepiso es casi incapaz de soportar momentos negativos adicionales.

La FIG. 59 muestra cómo los elementos estructurales del entrepiso, que no están confinados lateralmente, se mueven lateralmente durante la prueba. Este movimiento lateral se nota por el hecho de que la banda elastomérica EB se levanta localmente.

La FIG. 60 muestra daños severos en elementos de entrepiso y nervaduras coladas in situ, en la prueba con elementos de entrepiso convencionales. Las grietas diagonales en las losas son paralelas a las fuerzas máximas de compresión (bielas) debido a un cierto (pequeño) momento negativo de resistencia del entrepiso.

La FIG. 61 muestra las nervaduras SK coladas in situ elevadas en comparación con los elementos del entrepiso. Este comportamiento se produce debido a dos fenómenos relacionados. En primer lugar, la deflexión (deformación: flecha) diferencial de los elementos del entrepiso (que se comportan como elementos simplemente apoyados) y el nervio colado in situ (que se comporta como un voladizo) y, en segundo lugar, la falta de refuerzo a cortante adecuado para permitir que el nervio colado in situ resista el fuerte cortante vertical debido a esta deflexión diferencial.

La figura 62 muestra el estado catastrófico en el que terminó el entrepiso estructural F3, después de terminar abruptamente el ensayo, debido a una rotura frágil del elemento de entrepiso debida al cortante vertical. La imagen muestra también importantes fisuras verticales por cortante en la nervadura. Esta falla es una prueba de lo inseguro que es reforzar y cargar un entrepiso estructural convencional como si fuera capaz de soportar momentos negativos.

Se ha realizado otra serie de ensayos para evaluar la importancia de colocar armaduras de cortante en entrepisos incluyendo elementos de entrepiso 2 con ranuras laterales 26. La FIG. 63 muestra la configuración de ensayo para evaluar la resistencia a cortante de las llaves de

cortante coladas in situ. Para facilitar la prueba, el entrepiso estructural se ha dado la vuelta completamente, de modo que las cargas ejercidas hacia abajo por los gatos hidráulicos HJ en el entrepiso simulan la reacción hacia arriba ejercida por el elemento de soporte lineal que soporta dos vanos laterales de un entrepiso estructural. Así, se invierten los elementos prefabricados de entrepiso 2 (situando la armadura pretensada en la cara superior), y en la cara inferior se coloca la armadura AK de la llave de cortante de la junta lateral SK colada in situ, resistiendo así momentos que provocan tracciones en la cara inferior.

La FIG. 64 muestra un espécimen que se deflecta (deforma) bajo una carga de ensayo intensa aplicada con la configuración de ensayo representada en la FIG. 63.

La disposición experimental de la FIG. 63 y la FIG. 64 comprende:

- Los actuadores, que son gatos hidráulicos HJ que aplican cargas verticales en los dos extremos de la viga de unión central, con una disposición que simula, con razonable precisión, el diagrama de momentos inversos sobre un apoyo lineal que soporta dos vanos simétricos bajo una carga superficial uniforme;

- SG1, SG2... son galgas extensométricas para medir las elongaciones (alargamientos) en los elementos de entrepiso, en la llave de cortante de la junta lateral y en la viga central (que simula el elemento de soporte lineal);

- LVDT-1, LVDT-2 son extensómetros sobre los soportes, para medir la deflexión vertical de la muestra

La FIG. 65 muestra las gráficas de carga-deflexión de 4 pruebas realizadas con la disposición descrita en la FIG. 63 y la FIG. 64. Todas las probetas eran idénticas en todos los detalles, pero dos de ellas (F1 y F3) no incluían refuerzo de cortante vertical VK embebido en la llave de cortante de la junta lateral SK colada in situ. Ninguno de los especímenes llevó a ceder al refuerzo AK de la llave de cortante de la junta lateral. Se colocó una cantidad muy alta de refuerzo AK para lograr este resultado, y así encontrar otros modos de falla. Las dos probetas que incluían refuerzo de cortante F2, F4, alcanzaron una carga máxima de 105 kN. Esto es un 21% más que la carga máxima alcanzada por F1 (86 kN) y F3 (88 kN), que no incluían el refuerzo de cortante VK. Estos resultados y el fallo frágil por cortante del entrepiso mostrado en la FIG. 62 ponen en evidencia la importancia de colocar armadura de cortante VK en llaves de cortante SK en este tipo de entrepisos.

Descripción de instalaciones destinadas a la fabricación de los elementos de entrepiso inventivos

Encofrado móvil para prefabricados de concreto seco

Como se muestra en las figuras 41 a 48, la invención también se refiere a las instalaciones IM1, IM2, IM3 para la fabricación de elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 2, 3 según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 utilizando concreto seco, que comprende:

- 5 - Un encofrado móvil según una dirección longitudinal X;
- El encofrado comprende un cerramiento frontal 11, dos moldes de cerramiento laterales I2, I3 y un molde de cerramiento superior I4;
- Un cerramiento inferior del encofrado que está definido por el lecho de colada F;
- Una tolva I5 que tiene su salida inferior I6 colocada entre el cerramiento frontal 11 y el
- 10 cerramiento superior I4;
- Una sección interior de molde I7 que se extiende longitudinalmente más allá del extremo del molde superior I4 y de los moldes laterales I2, I3.

Para la formación de las ranuras, laterales o superiores, la instalación comprende al menos una molde rotatorio I8, I9, I10 colocada después del encofrado I2, I3, I4 en la dirección

15 longitudinal X, allí donde se extiende el molde I7, el molde rotatorio I8, I9, I10 que tiene dientes superficiales continuos I8T, I9T, I10T que tienen la dirección axial del molde I8, I9, I10, siendo el eje $\Gamma 8$, $\Gamma 9$, $\Gamma 10$ de la matriz I8, I9, I10 perpendicular a la dirección longitudinal X, de modo que las ranuras 15, 26, 36 se pueden formar en las caras laterales I2, I3 o superiores I4, I5 de los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 2, 3.

20 Según una realización, representada en las FIGS. 44 a 46, la instalación comprende dos moldes rotatorios I8, I9 de eje vertical y dispuestos después de cada molde de cerramiento lateral I2, I3, de manera que permitan formar ranuras verticales continuas en los elementos prefabricados de losa de entrepiso 2.

Según otra realización, mostrada en las FIGS. 41 a 43, la instalación comprende un molde

25 rotatorio I10 de eje horizontal y dispuesto a continuación del cerramiento superior I4, de manera que permite formar ranuras horizontales continuas en los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1.

Una realización adicional es el resultado de combinar las dos realizaciones anteriores. Es decir, una instalación que tiene dos moldes rotatorios de eje vertical y un molde rotatorio de

30 eje horizontal, como se muestra en las FIGS. 47 y 48; de manera que puedan moldear ranuras verticales y/u horizontales en los elementos prefabricados de losa de entrepisos 1, 2, 3.

Una realización particular de la instalación IM3 representada en las FIGS. 47 y 48 es una que incluye medios, tales como un embrague, para acoplar y desacoplar los moldes rotatorios I2, I3, I4. Un embrague de este tipo permite que la instalación 13 produzca de forma eficaz los

35 elementos prefabricados 1, 2 o 3, según cuál de las matrices de laminación esté acoplada al mismo tiempo.

Una realización particular de las instalaciones IM1, IM2 e IM3 es aquella que incluye un

dispositivo para contar la longitud producida de losa con ranuras.

Una realización particular de las instalaciones IM1, IM2 e IM3 es aquella que incluye el menos un dispositivo capaz de provocar vibración en al menos una de los moldes rotatorios I2, I3, I4, mientras el mencionado molde rotatorio gira alrededor de su eje. Esta vibración en rotación
5 permite una compactación más adecuada del concreto al pasar por los moldes.

Encofrado para prefabricados de concreto autocompactante

Como se muestra en las FIGS. 66 y 67, la invención también se refiere a otra forma de producir
10 los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 2, 3 de la invención utilizando concreto autocompactante.

La FIG. 66 muestra una instalación IM11 que comprende un encofrado alargado en una dirección longitudinal X, el encofrado comprende una parte inferior I21 y una parte superior
15 móvil I24 que tiene dientes I24T perpendiculares a la dirección longitudinal X, de manera que las ranuras 15, 26, 36 se pueden formar en las caras superiores 14, 24 de los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 2, 3.

En este caso, la parte superior móvil I24 está formada por una pluralidad de perfiles estructurales de encofrado I24I perpendiculares a la dirección longitudinal X. La parte superior I24 mencionada es móvil para permitir el desmoldeo del elemento prefabricado una vez que
20 ha endurecido, pero típicamente permanece estacionario durante el proceso de endurecimiento del concreto.

La sección inferior L24 de los perfiles estructurales de encofrado I24I define una sección decreciente que define la sección de las ranuras 15, 26, 36, definiendo la sección superior U24 de los perfiles de encofrado I24I una sección constante.

Por tanto, para moldear los elementos de entrepiso 15, 26, 36 con concreto autocompactante, el volumen de la parte inferior del molde debe llenarse hasta el cambio de sección entre la
25 sección inferior L24 y la sección superior U24 de los perfiles de encofrado I24I.

El espacio G22 entre cada par de perfiles estructurales de encofrado I24I facilita el colado del concreto y evita la formación de burbujas de aire interiores, ya que el aire puede ser evacuado
30 fácilmente por los múltiples espacios.

El colado del concreto autocompactante puede realizarse una vez ensamblada la parte superior I22 con el resto de la instalación IM11, o bien puede colocarse la parte superior I22 después del colado del concreto. En este segundo caso, la parte superior I22 debe colocarse
35 inmediatamente después del colado del concreto, mientras este todavía está líquido, de manera que los perfiles estructurales de encofrado I24I puedan desplazar adecuadamente el concreto líquido para formar las ranuras.

La parte superior I24 comprende además perfiles de unión I24B que tienen la dirección

longitudinal X unidos a una superficie superior de los perfiles de encofrado I24I, de modo que los perfiles de encofrado I24I y los perfiles de unión I24B forman una rejilla movable.

La figura 67 muestra una instalación IM12 que comprende un encofrado alargado en una dirección longitudinal X, el encofrado a su vez comprende una parte inferior I21 y una parte superior movable I22 que tiene dientes I22T perpendiculares a la dirección longitudinal X, de manera que las ranuras 15, 26, 36 se pueden formar en las caras superiores 14, 24 de los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 2, 3.

En la instalación IM12, mostrada en la figura 67, la parte superior I22 tiene un perímetro inferior igual a la forma de las ranuras superiores de los elementos prefabricados de losa de entrepiso 1, 3; y la parte superior I22 comprende al menos dos conductos que conectan el interior del encofrado con el exterior. Uno de los conductos, utilizado para inyectar concreto líquido en el encofrado, y el otro para permitir la evacuación del aire encerrado en el encofrado, a medida que es expulsado por el concreto líquido.

En este texto, el término "comprende" y sus derivaciones (como "comprenden", etc.) no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no deben interpretarse como excluyentes de la posibilidad de que lo descrito y definido puede incluir otros elementos.

A lo largo del documento una de las principales características que describe la invención es la existencia de "ranuras continuas". Sin embargo, se debe entender que en el alcance de esta invención también se incluyen los "salientes continuos". De hecho, las ranuras y los salientes son sólo dos formas de referirse a una misma cosa. Se puede entender que entre cada par de ranuras hay un saliente o viceversa. Por tanto, definir ranuras equivale a definir salientes indirectamente.

Obviamente, la invención no se limita a las realizaciones específicas descritas en este documento, sino que también abarca cualquier variación que pueda ser considerada por cualquier persona experta en la técnica dentro del alcance general de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) de forma alargada en el que se definen una dirección longitudinal (X), una dirección transversal (Y), una dirección de altura (Z), dos caras extremas (11) que delimitan el elemento (1) en la dirección longitudinal (X), dos caras laterales (12) que delimitan el elemento (1) en la dirección transversal (Y), una cara inferior (13) y una cara plana superior (14) que delimitan el elemento (1) en la dirección de la altura (Z), **caracterizado porque** comprende unas ranuras superiores transversales continuas (15) en la cara plana superior (14) y no comprende ranuras superiores longitudinales.
2. Elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) según la reivindicación 1, que comprende un saliente inferior (TL) en un borde inferior de las caras laterales (12) y un saliente superior (TS) en un borde superior de las caras laterales (12) siendo el saliente inferior (TL) más largo que el saliente superior (TS) en la dirección transversal (Y).
3. Elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) según la reivindicación 2, que comprende ranuras laterales (16, 26, 36) en las caras laterales (12).
4. Elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) según la reivindicación 1, en el que el elemento prefabricado de losa de entrepiso es un elemento de losa de entrepiso doble T (T1), de manera que se definen una losa plana superior (T11) y dos almas verticales (T12, T13) que se extienden hacia abajo desde la losa plana superior (T11).
5. Elemento prefabricado de losa de entrepiso (2) de forma alargada en el que se definen una dirección longitudinal (X), una dirección transversal (Y), una dirección de altura (Z), dos caras extremas (21) que delimitan el elemento (2) en la dirección longitudinal (X), dos caras laterales (22) que delimitan el elemento (2) en la dirección transversal (Y), una cara inferior (23) y una cara plana superior (24) que delimitan el elemento (2) en la dirección de la altura (Z), que comprende un saliente inferior (TL) en un borde inferior de las caras laterales (22), **caracterizado porque** comprende ranuras laterales (26) en las caras laterales (24), extendiéndose las ranuras laterales (26) hacia arriba desde el saliente inferior (TL) hasta la cara plana superior (24), y que comprende un saliente superior (TS) en un borde superior de las caras laterales (22).
6. Elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el espesor adimensional de la sección transversal del elemento de entrepiso es inferior a 0,6.

7. Estructura que comprende un elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende:

- un elemento de soporte lineal (LS) que soporta un extremo del elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) de manera que en el elemento de soporte lineal (LS) se define una superficie de apoyo (S1) y:
- un sistema resistente a momentos (MS) dispuesto en el elemento de apoyo lineal (LS) y frente a una cara extrema (11) del elemento prefabricado de losa de entrepiso (1),
- una capa superior de concreto (LC) vertida sobre el elemento (1),

10 **caracterizada porque** comprende armaduras de refuerzo (AS) dispuestas a lo largo de la dirección longitudinal (X), de manera que una parte de las armaduras de refuerzo (AS) se empotran en la capa de concreto (LC) y otra parte de las armaduras de refuerzo (AS) se extiende de manera que quedan empotradas en el sistema resistente a momentos (MS), de manera que las armaduras de refuerzo (AS), cuando actúan bajo fuerzas de tracción, pueden

15 transmitir fuerzas a la capa de compresión de concreto (LC), y la capa de compresión de concreto (LC) puede transmitir fuerzas al elemento prefabricado de losa de entrepiso (1) a través de las ranuras superiores (15) en la cara plana superior (14), y así transmitir un momento negativo desde el sistema resistente a momentos (MS) al elemento prefabricado de losa de entrepiso (1).

20

8. Estructura según la reivindicación 7, donde el sistema resistente a momentos (MS) es una prolongación superior del elemento de soporte lineal (LS) un concreto vertido entre una prolongación superior del elemento de apoyo lineal (LS) y la cara extrema (11), un concreto vertido entre la cara extrema (11) y otro elemento prefabricado de losa de entrepiso dispuesto

25 con su propia cara extrema frente a la cara extrema (11).de modo que constituyen un sistema moldeado in situ resistente a momentos de torsión.

9. Estructura que comprende dos elementos de entrepiso prefabricados (2) de acuerdo con la reivindicación 5 o la reivindicación 6, estando dispuestos los elementos de entrepiso (2) adyacentes de manera que se delimite un volumen entre los elementos siendo el volumen relleno con concreto de tal manera que se define una llave de cortante en la junta lateral (SK), que comprende:

- un elemento de soporte lineal (LS) que soporta un extremo de los elementos de entrepiso prefabricados (2) de manera que en el elemento de soporte lineal (LS) se define una superficie
- 35 de soporte (S1) y:
- un sistema resistente a momentos (MS) dispuesto en el elemento de soporte lineal (LS) y frente a una cara extrema (21) de los elementos de entrepiso prefabricados (2),

caracterizada porque comprende armaduras (AK) dispuestas a lo largo de la dirección longitudinal (X), de manera que una porción de las armaduras (AK) están empotradas en la parte superior de la llave de cortante en la junta lateral (SK) y otra parte de las armaduras de refuerzo (AK) se extiende de tal manera que están empotradas en el sistema resistente a momentos (MS), de modo que las armaduras (AK) pueden transmitir fuerzas a la llave de cortante de la junta lateral (SK), y la llave de cortante de la junta lateral (SK) puede transmitir fuerzas al elemento prefabricado de losa de entrepiso (2) a través de las ranuras laterales (26) en la cara lateral (24), y así transmitir un momento desde el sistema resistente a momentos (MS) al elemento prefabricado de losa de entrepiso (2).

10

10. Estructura según la reivindicación 9, que comprende armaduras de refuerzo (VK) colocadas en la llave de cortante de la junta lateral (SK) y que se extienden desde la parte superior hasta la parte inferior de la misma, de manera que permite que el concreto la llave de cortante de la junta lateral resista mayores esfuerzos de cortante vertical.

15

11. Estructura según cualquiera de las reivindicaciones 9 ó 10, que comprende al menos un conducto (D) que se extiende de forma continua la llave de cortante de la junta lateral (SK) y un tendón postensado (PTT) insertado dentro del conducto.

20

12. Instalación (IM1) para la fabricación de elementos prefabricados de losa de entrepiso (1, 2) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende:

- Un encofrado móvil según una dirección longitudinal (X);
- El encofrado comprende un cerramiento frontal (11), dos moldes de cerramiento laterales (12, 13) y un molde de cerramiento superior (14);
- Un cerramiento inferior del encofrado definido por el lecho de colada (F);
- Una tolva (15) que tiene su salida inferior (16) colocada entre la pared frontal (11) y la pared superior (14);
- Una sección de molde interior (17);

25

caracterizada porque comprende al menos un molde rotatorio (18, 19, 110) colocado después del encofrado en la dirección longitudinal (X), teniendo el molde rotatorio (18, 19, 110) dientes superficiales continuos (18T, 19T, 110T) teniendo la dirección axial del molde (18, 19, 110), siendo el eje (Γ 8, Γ 9, Γ 10) de la matriz (18, 19, 110) perpendicular a la dirección longitudinal (X), de modo que las ranuras (15, 16, 26, 36) pueden formarse en las caras laterales (12) o superiores (14) de los elementos prefabricados de losa de entrepiso (1, 2, 3).

35

13. Instalación según la reivindicación 12, que comprende dos moldes rotatorios (18, 19) de eje vertical y dispuestos a continuación de cada molde lateral de cerramiento (12, 13), de manera

que permitan formar ranuras verticales continuas en los elementos prefabricado de losa de entrepiso (2, 3).

5 **14.** Instalación según la reivindicación 12, que comprende un molde rotatorio (I10) de eje horizontal y dispuesto a continuación del cerramiento superior (I4), de manera que permite formar ranuras horizontales continuas sobre los elementos prefabricados de losa de entrepiso (1, 3).

10 **15.** Instalación (IM1) que comprende un encofrado alargado en dirección longitudinal (X), el encofrado comprende una parte inferior (I21), y una parte superior desmontable (I24) con dientes (I24T) perpendiculares a la dirección longitudinal (X), de manera que en las caras superiores (14, 24) de los elementos prefabricados de losa de entrepiso (1, 2) se pueden formar ranuras (15, 26, 36), **caracterizada porque** la parte superior desmontable (I24) está formada por una pluralidad de perfiles de encofrado (I24I) perpendiculares a la dirección
15 longitudinal (X), separados por espacios (G22) que permiten que el aire se escape a su través, la sección inferior (L24) de los perfiles de encofrado (I24I) definiendo una sección decreciente que define la sección de las ranuras (15, 26, 36), la sección superior (U24) de los perfiles de encofrado (I24I) definiendo una sección constante, comprendiendo la parte superior (I24) además perfiles de unión (I24B) que tienen la dirección longitudinal (X) y unidos a una
20 superficie superior de los perfiles de encofrado (I24I).

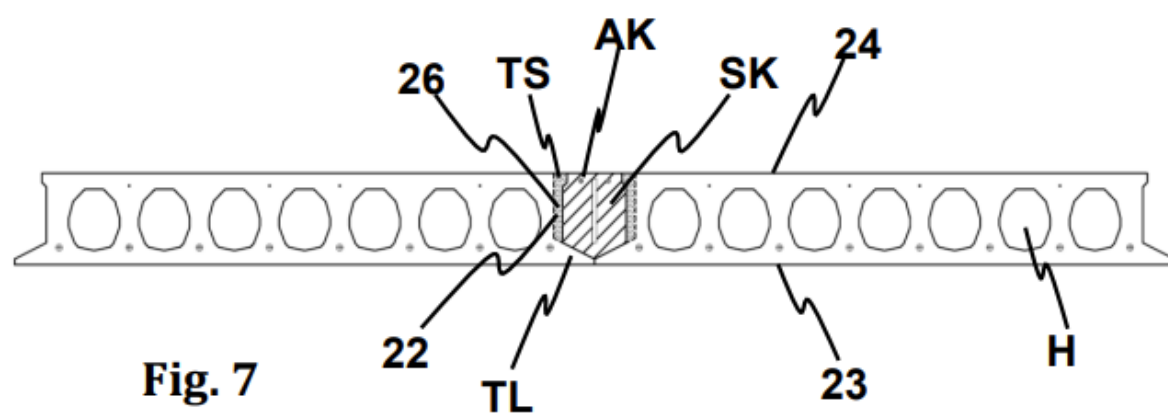
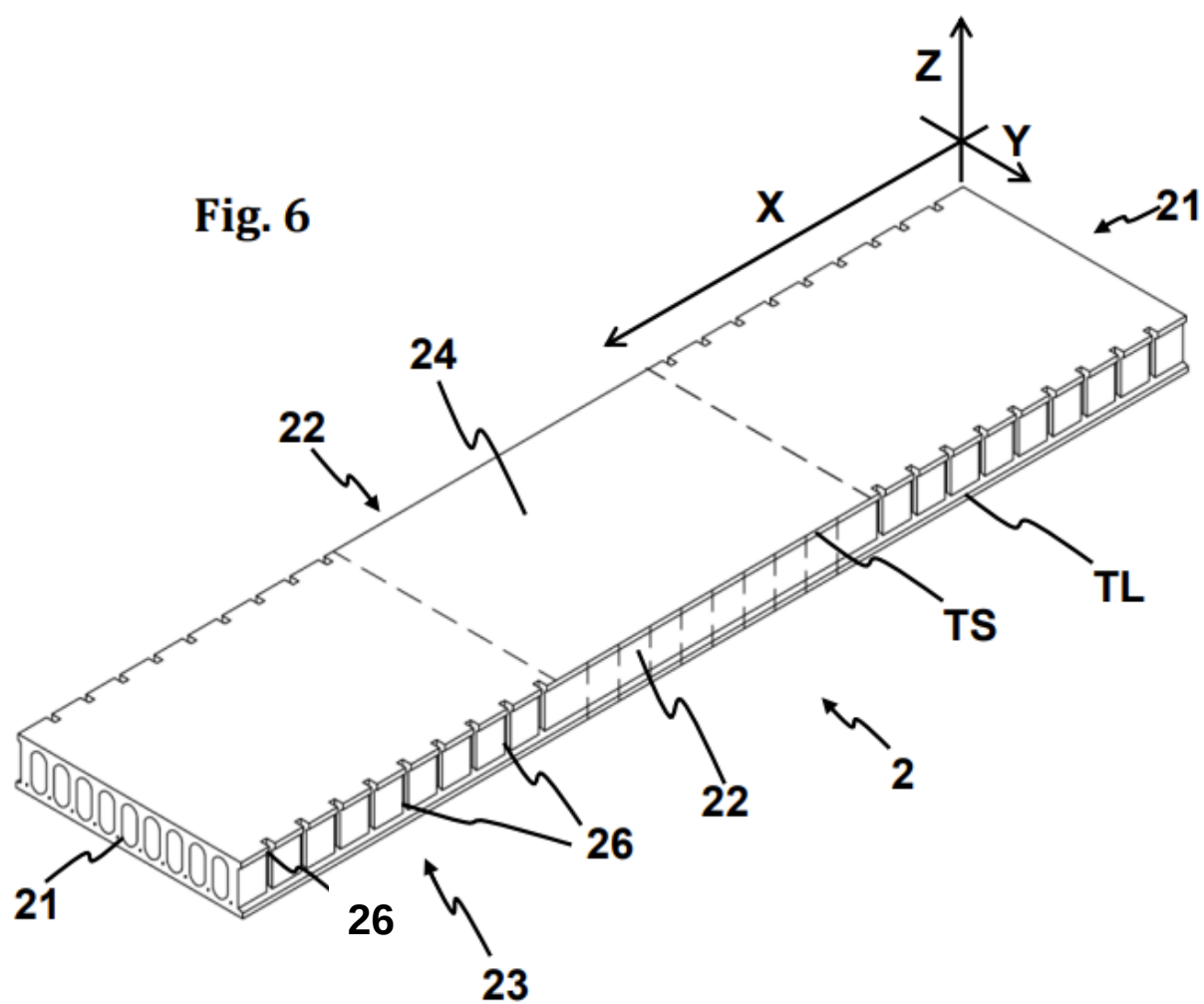
**ELEMENTO PREFABRICADO DE LOSA DE ENTREPISO, ESTRUCTURA QUE
COMPRENDE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE LOSA DE ENTREPISO E
INSTALACIÓN PARA OBTENER EL ELEMENTO PREFABRICADO DE LOSA DE
ENTREPISO**

5

RESUMEN

Elemento de piso prefabricado (1) de forma alargada donde se definen una dirección longitudinal (X), transversal (Y), una dirección de altura (Z), dos caras frontales (11) que delimitan el elemento (1) en la dirección longitudinal (X), dos caras laterales (12) en la dirección transversal (Y), una cara inferior (13) y una cara plana superior (14) que delimitan el elemento (1) en la dirección de la altura (Z), que comprende ranuras superiores continuas transversales (15) en la cara plana superior (14) o ranuras laterales (26) en las caras laterales (24), extendiéndose las ranuras laterales (26) desde la lengüeta inferior (TS) a la cara plana superior (24). La invención también se refiere a una estructura que comprende tal elemento de piso prefabricado (1) y que comprende además un elemento de soporte lineal (LS) que soporta un extremo del elemento de piso prefabricado (1) de manera que en el elemento de soporte lineal (LS) se define una superficie de soporte (S1) y se coloca un sistema resistente a momentos (MS) dispuesto sobre el elemento de soporte lineal (LS) y frente a una cara frontal (11) del elemento de piso prefabricado (1) y una capa superior de hormigón (LC) vertida sobre el elemento (1) o en llave de cortante (SK) definida entre dos elementos de piso adyacentes. La invención también se refiere a una instalación para la fabricación de elementos de suelo (1, 2).

25



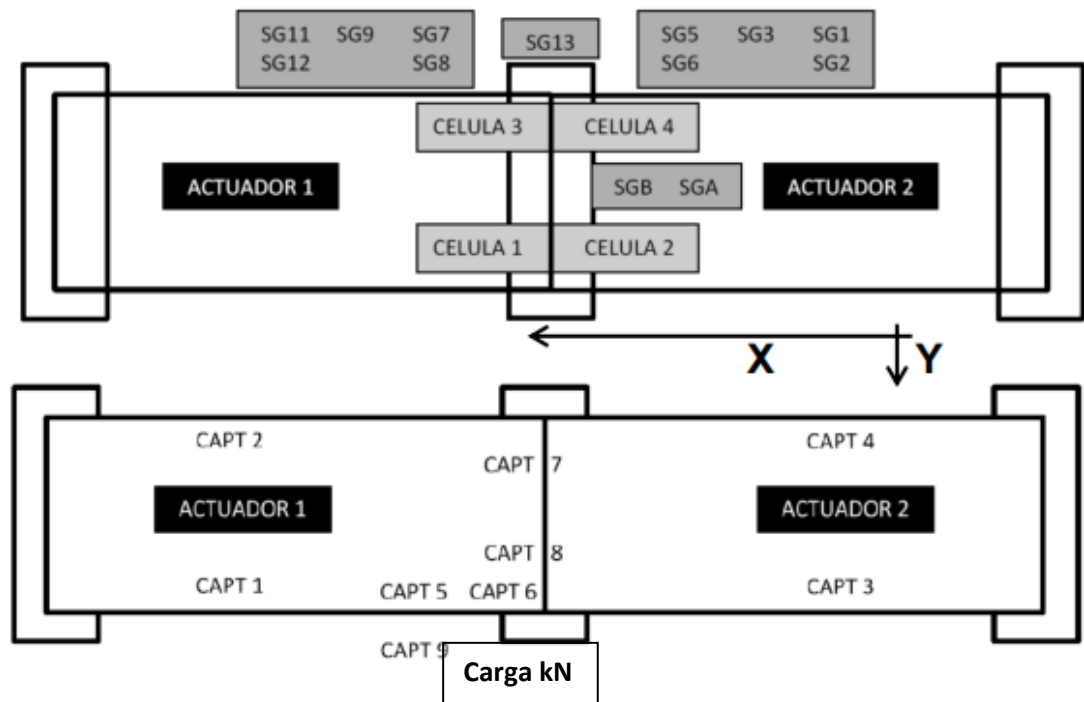


Fig. 33

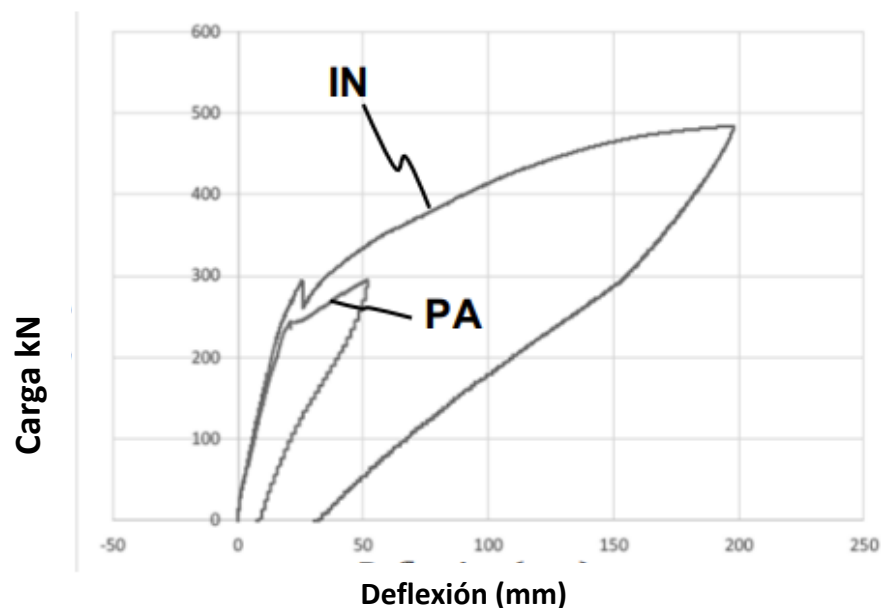


Fig. 34

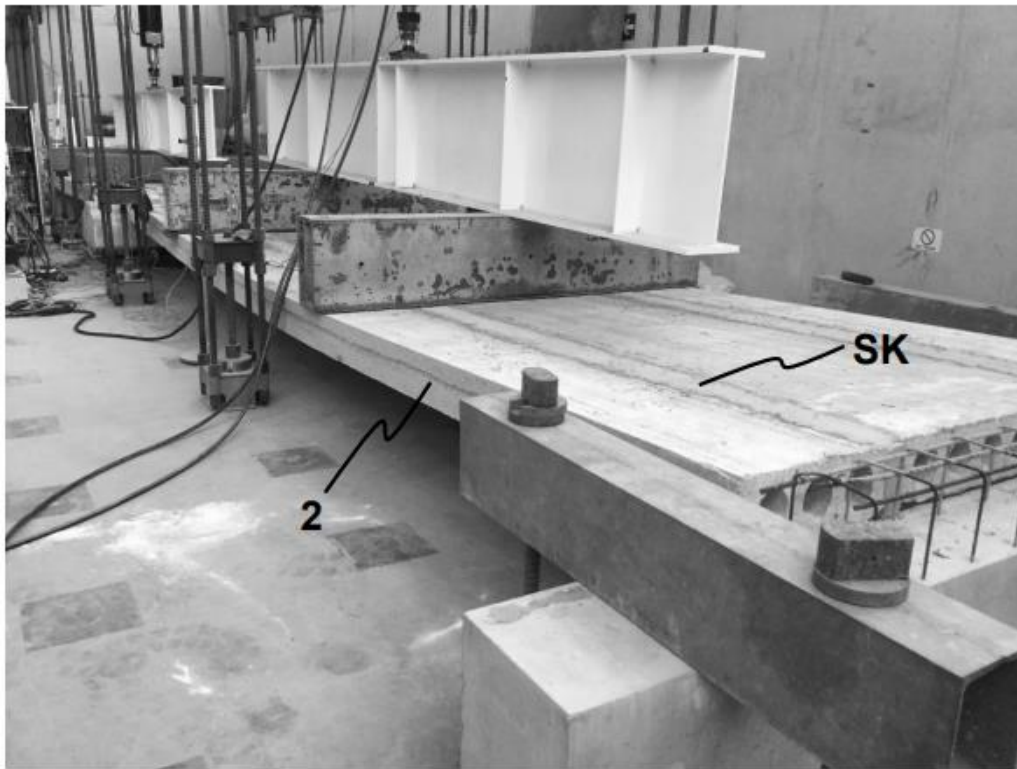


Fig. 55

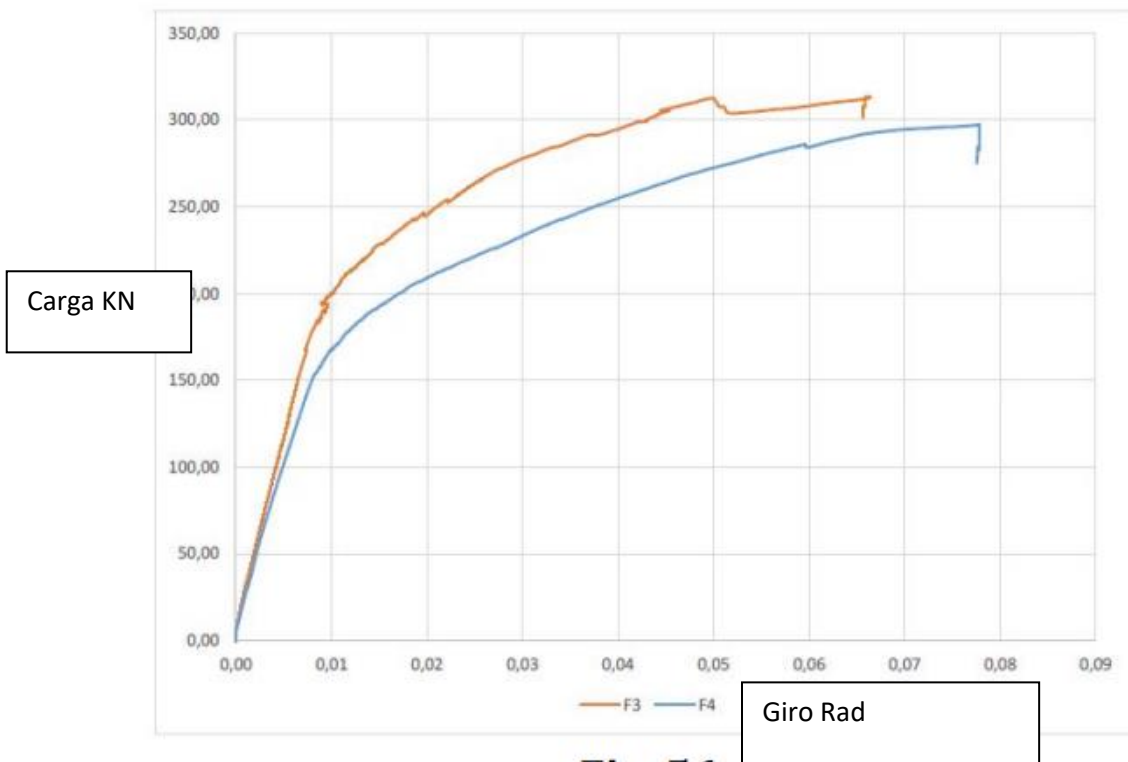


Fig. 56

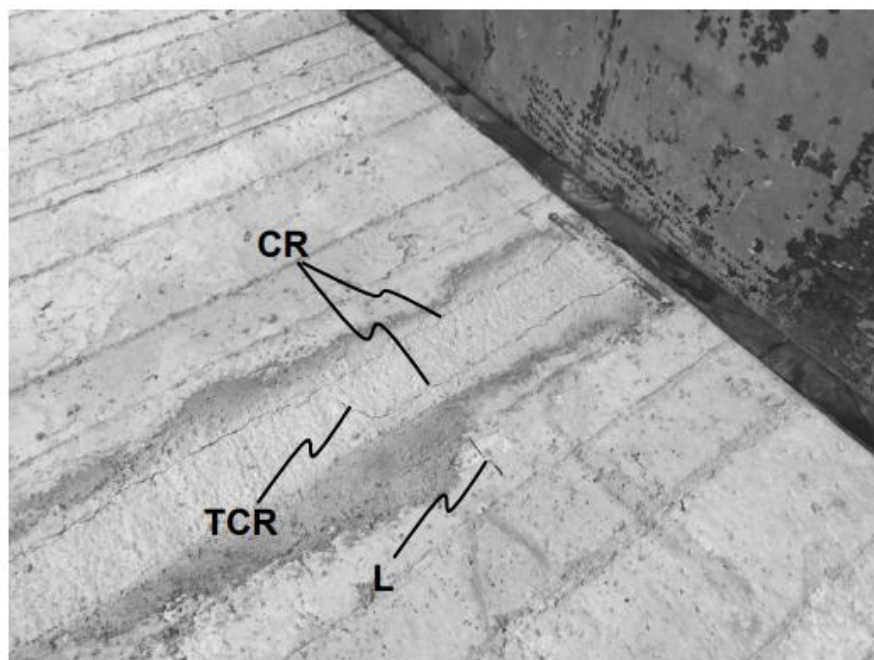
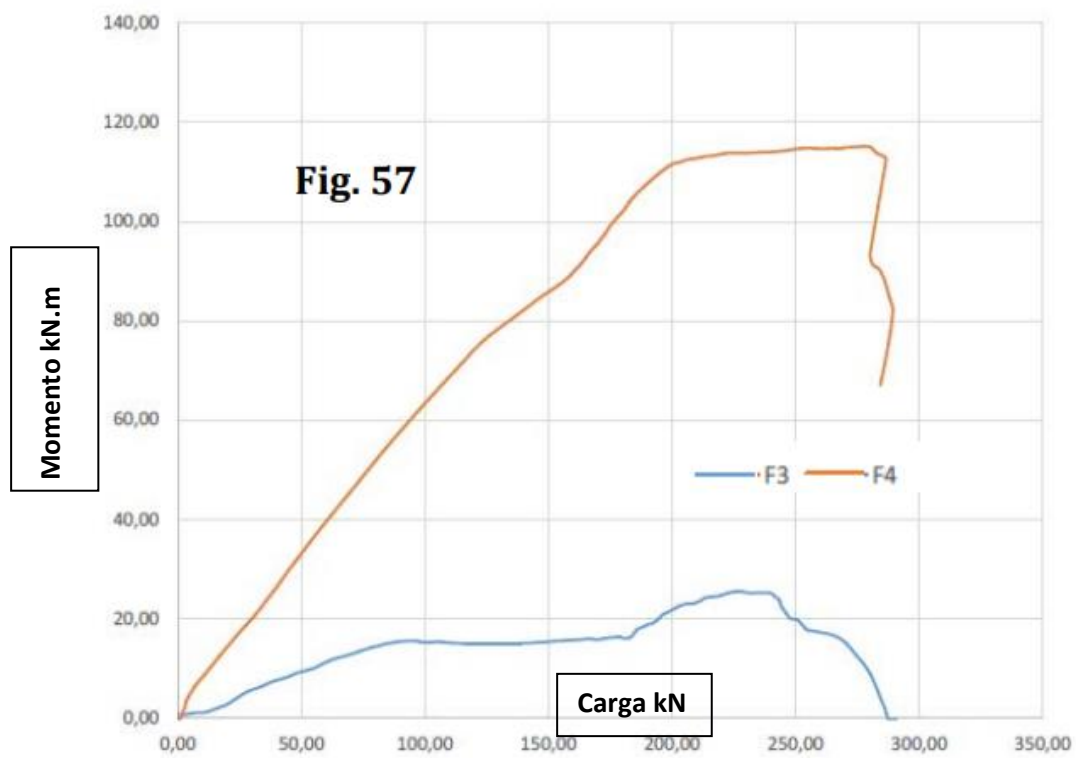


Fig. 58



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT: 800.176.089-2

COMPROBANTE DE RECAUDO SISTEMA SIPI

Radicado: NC2020/0011218
Recibo: 22-111227
Fecha: 22/11/2022

JUAN CARLOS CUESTA QUINTERO
CC: 79.339.809
Pago PSE No: 755775
CUS: 1769202856

Patente PCT

ELEMENTO PREFABRICADO DE LOSA DE ENTREPISO, ESTRUCTURA QUE COMPRENDE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE LOSA DE ENTREPISO E INSTALACIÓN PARA OBTENER EL ELEMENTO PREFABRICADO DE LOSA DE ENTREPISO

Detalle del pago

Id.	Rentístico	Concepto y Servicio	Cant.	Val. Unit.	Subtotal
1	50005-01-03	Modificaciones / Correcciones al registro Patente PCT (DESCUENTO INTERNET)	1	\$ 176,000	\$ 176,000
TOTAL					\$ 176,000